



Sara Alexandra de Oliveira Torres

Licenciada em Engenharia Química e Bioquímica

**Caraterização da influência dos
corantes nas propriedades físicas das
tintas e durabilidade de cor**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Engenheira Tomásia Clérigo,
Chefe de Laboratório Investigação e Desenvolvimento,
Tintas Robbialac S.A.

Coorientador: Prof. Doutor Mário Eusébio,
Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Miguel Calado Simões

Arguente: Prof. Doutora Ana Maria Martelo Ramos

Vogal: Engenheira Tomásia Natália Mendes dos Santos Clérigo



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2018

Sara Alexandra de Oliveira Torres

Licenciada em Engenharia Química e Bioquímica

**Caraterização da influência dos corantes nas
propriedades físicas das tintas e durabilidade de cor**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Engenheira Tomásia Clérigo,
Chefe de Laboratório Investigação e Desenvolvimento,
Tintas Robbialac S.A.

Coorientador: Prof. Doutor Mário Eusébio,
Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Miguel Calado Simões
Arguente: Prof. Doutora Ana Maria Martelo Ramos
Vogal: Engenheira Tomásia Natália Mendes dos Santos Clérigo

Setembro de 2018

CARATERIZAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS CORANTES NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DAS TINTAS E DURABILIDADE DE COR

Copyright © Sara Alexandra de Oliveira Torres e Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Com a realização desta dissertação, aproxima-se o fim de uma etapa tão importante da minha vida. O caminho para aqui chegar nem sempre foi fácil, mas tudo se consegue com o apoio das pessoas certas. Como tal, gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram, de uma forma ou de outra, para a concretização deste trabalho e pela presença em todo o percurso académico.

Quero agradecer à empresa Tintas Robbialac, particularmente, à Engenheira Ana Pereira, por me ter proporcionado a oportunidade de realizar este estágio. Pelo interesse demonstrado no trabalho desenvolvido e contribuições na revisão final.

À minha orientadora, Engenheira Tomásia Clérigo, pela sua disponibilidade e acompanhamento, pelo apoio na revisão, pelos conhecimentos transmitidos, pela simpatia e confiança depositada no meu trabalho.

Ao meu orientador, Professor Mário Eusébio, pelo tempo despendido, pela orientação, sugestões e revisões, pela compreensão e incentivo nos momentos mais complicados, desde projeto à realização desta dissertação.

A toda a equipa do Laboratório de Investigação e Desenvolvimento da Robbialac, que me integraram como membro da equipa e receberam diariamente com alegria e um sorriso. Em especial à Maria João, à Carla, à Verónica, ao João, ao Paulo, à Marta e à Inês. Pela ajuda e disponibilidade diária, pela companhia, preocupação e animação constante, sempre tão presente em cada um.

Aos meus pais, por me apoiarem em tudo e terem a maior paciência e compreensão nos momentos mais difíceis. Ao meu irmão, que desde sempre foi o meu exemplo a seguir e que à sua maneira está sempre do meu lado. Ao Snoopy, a minha companhia diária e que alegra mesmo os dias mais cinzentos. Às minhas estrelas, os meus avós, que me acompanham incondicionalmente e que tentarei eternamente orgulhar. A todos eles devo tudo o que sou, são quem desde sempre me deu a força e coragem necessária para traçar o meu caminho sem nunca desistir.

À Vanessa e ao António, por serem os amigos de todas as horas, que mesmo seguindo caminhos diferentes, estão sempre lá, seja para as horas de desabafo ou de puro convívio e alegria. Por resistirem ao passar do tempo e serem os melhores companheiros de uma vida.

À Nídia e ao Tiago por me acompanharem e marcarem esta experiência única que foi a faculdade. Pela amizade que se criou num curso, mas que se estende para o resto da vida. Sem eles, estes cinco anos não teriam sido a mesma coisa.

A todos vocês, muito obrigada!

Resumo

A cor para além da sua função decorativa e comunicativa é responsável pelas sensações que qualquer ambiente proporciona, sendo um ponto chave na construção civil e no design.

Atualmente, para obter uma tinta enquanto produto final e com uma determinada cor, são utilizadas e produzidas bases de tintagem e posteriormente debitadas dosagens precisas de corantes.

Esta dissertação tem como objetivos: caracterizar a influência de um conjunto de corantes nas propriedades físicas de tintas de diferentes graus de brilho e natureza química, averiguando a sua compatibilidade, influência na viscosidade, no brilho, na opacidade, nos tempos de secagem e na absorção de água; e caracterizar a durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior, recorrendo a ensaios de envelhecimento natural e artificial.

De um modo geral, a adição de corantes provoca a alteração de propriedades como a viscosidade, brilho e opacidade, contrariamente não se alteram de forma considerável, os tempos de secagem ou a absorção de água das tintas.

Da exposição de vários produtos a envelhecimentos artificiais em Solar Box e QUV, conclui-se que os dois envelhecimentos não conduzem a resultados concordantes, em termos de degradação da cor. O que se justifica pelas diferenças existentes entre as condições simuladas em cada aparelho.

No entanto, prevê-se que a combinação de ciclos de exposição à radiação UV com ciclos de condensação de água ambos a temperaturas elevadas, realizado em QUV e em comparação com o Solar Box, apresentará resultados mais realistas e semelhantes à exposição à intempérie.

Em termos de durabilidade de cor verifica-se que o dióxido de titânio é um pigmento que para além de conferir opacidade e permitir reproduzir cores claras, confere uma certa estabilidade aos revestimentos expostos a condições de exterior.

Portanto, fatores como o tipo de base de tintagem, o tipo de ligante, a natureza química e o grau de dispersão dos pigmentos determinam as propriedades físicas das tintas e o seu comportamento à intempérie, que se reflete na durabilidade da cor dos revestimentos.

Palavras-chave: Cor, pigmentos, bases de tintagem, compatibilidade, durabilidade.

Abstract

The color besides its decorative and communicative function, is responsible for the sensations that any environment provides, being a key point in construction and design.

Nowadays, to obtain a colored paint as final product are produced and used coating bases, which are mixed with precise amounts of pigment pastes.

The main goals of this thesis are: characterize the influence of pigment pastes on the physical properties of paints with different gloss degrees and chemical nature, ascertaining their compatibility, influence on viscosity, gloss, opacity, drying times and water absorption; and characterize the color durability when applied in outdoor products, using natural and accelerated weathering tests.

In general, the addition of pigment pastes changes properties like viscosity, gloss and opacity. However, does not change in a significant way, the drying times or the water absorption.

A series of different products were exposed to natural and accelerated weathering tests, in a Solar Box and QUV. The results don't match in terms of color degradation and this is justified by the distinct simulated conditions in each device.

However, it is expected that the cycles combinations of UV light alternating with condensing moisture, both at high temperatures, performed at QUV, present more realistic and similar results with weathering exposure, when compared with the Solar Box.

In terms of color durability, it is verified that titanium dioxide is a pigment that confers opacity, allows to reproduce light colors and gives a certain stability to coatings exposed to outdoor conditions.

In conclusion, factors like the coating base type, the binder type, the chemical nature and the degree of pigments dispersion determines the physical properties of the paints and their weathering, which is reflected in the color durability of the coatings.

Key-words: Color, pigments, coating bases, compatibility, durability

Índice de matérias

1.	Enquadramento e Motivação	1
2.	Introdução	3
2.1.	A cor	3
2.2.	Corantes e Pigmentos.....	5
2.2.1.	Pigmentos	6
2.3.	Aplicação dos pigmentos nas tintas para construção civil.....	15
2.3.1.	Cargas.....	16
2.3.2.	Ligantes.....	16
2.3.3.	Aditivos.....	21
3.	Materiais e Métodos.....	27
3.1.	Influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem.....	28
3.1.1.	Compatibilidade dos corantes.....	30
3.1.2.	Viscosidade	31
3.1.3.	Brilho	32
3.1.4.	Opacidade	33
3.1.5.	Secagem BK	33
3.1.6.	Secagem a dedo	34
3.1.7.	Absorção de água	35
3.2.	Durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior	36
3.2.1.	Envelhecimento natural.....	36
3.2.2.	Envelhecimento artificial – Solar Box.....	37
3.2.3.	Envelhecimento artificial – QUV.....	38
4.	Apresentação e discussão dos resultados obtidos.....	41
4.1.	Influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem.....	41
4.1.1.	Compatibilidade dos corantes.....	41
4.1.2.	Viscosidade	44
4.1.3.	Brilho	48
4.1.4.	Opacidade	49
4.1.5.	Secagem	51
4.1.6.	Absorção de água	55

4.2.	Durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior	58
4.2.1.	Envelhecimento artificial - Solar Box.....	59
4.2.2.	Envelhecimento artificial – QUV.....	63
4.2.3.	Envelhecimento natural.....	64
4.2.4.	Resumo do envelhecimento natural e acelerado.....	71
5.	Conclusões e propostas de trabalho futuro	75
	Referências.....	77
	Anexo A – Tintas e corantes	81
	Anexo B – Influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem	83
	Anexo C – Durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior.....	89

Índice de figuras

Figura 2.1 - Sistema CIELAB.....	4
Figura 2.2 - Comparação das coordenadas L^* a^* b^* e L^* C^* h^*	5
Figura 2.3 -Diversas formas das partículas dos pigmentos.	6
Figura 2.4 - Exemplo de pigmentos usados nas tintas,.....	8
Figura 2.5 – Relação do PVC com graus de brilho e aplicações de tintas	18
Figura 2.6 - Modelo reológico de placa dupla	21
Figura 2.7 - Variação da viscosidade com a velocidade de deformação	22
Figura 2.8 - Variação da viscosidade com a velocidade de deformação	23
Figura 2.9 – Curva típica de viscosidade de uma tinta.....	23
Figura 2.10 - Variação da viscosidade com a velocidade de deformação	24
Figura 2.11 - Partículas de pigmento primárias, aglomeradas e floculadas,	25
Figura 2.12 - Repulsão electrostática e impedimento estéreo	26
Figura 3.1 - Esquema resumo de todo o trabalho desenvolvido para cada corante.....	29
Figura 3.2 – Misturador.....	30
Figura 3.3 - Aplicador de 150µm.	30
Figura 3.4 - Exemplos dos resultados obtidos no teste do rub-out.	30
Figura 3.5 - Exemplo de resultados obtidos da aplicação em cartolina.	31
Figura 3.6 - Viscosímetro Stormer.....	31
Figura 3.7 - Aplicador automático de filmes e aplicador de 100 / 150 µm	32
Figura 3.8 – Aparelho para medição de brilho	33
Figura 3.9 - Aplicação em carta de Morest e espectrofotómetro	33
Figura 3.10 – Aparelho BK	34
Figura 3.11 - Aplicador tipo “cubo” de 150 µm	34
Figura 3.12 - Exemplo de uma aplicação de secagem BK.....	34
Figura 3.13 - Aplicador de 100 µm	35
Figura 3.14 – Filme de tinta depois de submerso em água e aplicador de 400 µm	35
Figura 3.15 - Método de ensaio para a realização do envelhecimento natural.	37
Figura 3.16 - Painéis expostos no parque de exposição da empresa.	37
Figura 3.17 - Método de ensaio para a realização do envelhecimento acelerado na câmara Solar Box.	38
Figura 3.18 - Aplicações utilizadas na primeira e segunda série	38
Figura 3.19 - Método de ensaio para a realização do envelhecimento acelerado na câmara QUV.	39
Figura 3.20 - Aparelho de envelhecimento artificial QUV.....	39
Figura 4.1 - Exemplos de diferenças de tonalidade observadas no teste do rub-out.	43
Figura 4.2 - Exemplos de diferenças de tonalidade observadas na aplicação em cartolina.	46
Figura 4.3 - Resultados Viscosidade Stormer.	47
Figura 4.4 - Resultados Brilho, Tinta A-D <85° e Tinta E-H <60°.....	50
Figura 4.5 - Resultados Opacidade	52

Figura 4.6 - Resultados Secagem BK.	54
Figura 4.7 - Resultados Secagem a dedo.	56
Figura 4.8 - Resultados Absorção de água.	57
Figura 4.9 – Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em Solar Box divididos por cor.	60
Figura 4.10 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em Solar Box divididos por produtos.....	61
Figura 4.11 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em Solar Box divididos por produtos (continuação).....	62
Figura 4.12 - Evolução da diferença de cor às 100h e 200h: ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*	63
Figura 4.13 - Resultados da diferença de cor (ΔE^* e ΔE^* máximo) em QUV divididos por cor....	65
Figura 4.14 - Resultados da diferença de cor (ΔE^* e ΔE^* máximo) em QUV divididos por produtos.	66
Figura 4.15 - Resultados da diferença de cor (ΔE^* e ΔE^* máximo) em QUV divididos por produtos (continuação).....	67
Figura 4.16 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em envelhecimento natural divididos por cor.	68
Figura 4.17 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em envelhecimento natural divididos por produto.	69
Figura 4.18 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em envelhecimento natural, divididos por produto (continuação).	70

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Percepção humana para diferentes valores de ΔE^*	5
Tabela 2.2 - Propriedades associadas aos pigmentos orgânicos e inorgânicos	7
Tabela 2.3 - Propriedades dos revestimentos em função do PVC	17
Tabela 2.4 – Características de desempenho a avaliar para cada tipo de tinta	19
Tabela 3.1 - Características gerais das tintas utilizadas	27
Tabela 3.2 - Características gerais dos corantes utilizados	28
Tabela 3.3 - Classificação segundo o grau de brilho de vários tipos de tintas	32
Tabela 3.4 - Cores estudadas em produtos de exterior	36
Tabela 3.5 - Identificação por cor das tintas testadas	36
Tabela 4.1 - Resultados da compatibilidade dos corantes estudados nas diversas bases de tintagem	42
Tabela 4.2 - Resultados da aplicação em cartolina	45
Tabela 4.3 – Viscosidade média \bar{X} e desvio padrão σ para cada produto	48
Tabela 4.4 - Brilho médio \bar{X} e desvio padrão σ para cada produto	49
Tabela 4.5 – Opacidade média \bar{X} e o desvio padrão σ	51
Tabela 4.6 - Tempo de secagem médio de tintas plásticas \bar{X} e desvio padrão σ	53
Tabela 4.7 - Tempo de secagem médio de esmaltes \bar{X} e desvio padrão σ	55
Tabela 4.8 – Absorção de água média para tintas plásticas \bar{X} e desvio padrão σ	55
Tabela 4.9 - ΔE^* máximo permitido para tintas coradas para paredes de exterior	58
Tabela 4.10 - Bases utilizadas para a reprodução de cada cor RAL	58
Tabela 4.11 – Destaque dos produtos segundo ΔE^* em cada cor estudada ao fim de 200h e ΔE^* máximo permitido para cada cor	59
Tabela 4.12 – Destaque das cores segundo ΔE^* em cada produto estudado ao fim de 200h	62
Tabela 4.13 - Destaque dos produtos segundo ΔE^* em cada cor estudada ao fim de 1000h e ΔE^* máximo permitido para cada cor	63
Tabela 4.14 – Produtos que demonstram maiores diferenças de cor a nível visual	64
Tabela 4.15 – Destaque das cores segundo ΔE^* em cada produto estudado ao fim de 1000h	64
Tabela 4.16 – Produtos em destaque segundo ΔE^* para cada cor ao fim de 3 meses e ΔE^* máximo permitido	67
Tabela 4.17 - Destaque das cores segundo ΔE^* em cada produto estudado ao fim de 3 meses de exposição	70
Tabela 4.18 – Destaque dos produtos segundo $< \Delta E^*$ registado para cada cor nos três envelhecimentos	71
Tabela 4.19 - Destaque dos produtos segundo $> \Delta E^*$ registado para cada cor nos três envelhecimentos	71
Tabela 4.20 - Destaque das cores segundo $< \Delta E^*$ registado para cada produto nos três envelhecimentos	72
Tabela 4.21 - Destaque das cores segundo $> \Delta E^*$ registado para cada produto nos três envelhecimentos	72

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

C* – Saturação da Cor

CIE – Commission Internationale de l'Éclairage

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

CPVC – Concentração Volumétrica Crítica de Pigmento

h^* – Tonalidade da Cor

L^* – Luminosidade da Cor

PVC – Concentração Volumétrica de Pigmento

QUV – Câmara de envelhecimento acelerado

Tg – Temperatura de transição vítrea

UV – Ultravioleta

ΔE^* – Diferença de Cor

1. Enquadramento e Motivação

O mercado global dos revestimentos contou com uma taxa de crescimento de 4,2% em volume e 5% em valor desde 2016. Para 2018 espera-se um crescimento sólido, embora ligeiramente inferior relativamente ao que se verificou em 2017, ainda assim espera-se uma taxa de crescimento de 3% em volume e 4,4% em valor [1].

Em termos geográficos a Ásia conta com a maior quota de mercado global com 52% em volume e 45% em valor, apresenta também a maior taxa de crescimento com 5,7% em volume e 6,3% em valor. Segue-se a Europa com uma quota de 19% em volume e 23% em valor e a América do Norte com 13% em volume e 18% em valor [1].

Baseado no seu uso final, o mercado dos revestimentos pode ser segmentado em três grandes categorias: Tintas Decorativas, Industriais e Automóveis, Marítimas [2].

De acordo com o relatório “2015-2020 Global Market Analysis for the Paint & Coatings Industry” desenvolvido por The ChemQuest Group, as tintas decorativas representam o maior segmento dos revestimentos, representando cerca de 41% do valor total e 55% do seu volume em 2015 [3].

Neste estudo observou-se que a procura dos revestimentos tende a acompanhar a atividade económica global e em particular, a produção industrial e os gastos em construção. Verificou-se ainda, que à medida que o PIB aumenta, a confiança do consumidor aumenta e induz um maior investimento tanto na área das remodelações como nas novas construções. Desta forma, quando maior o PIB, maiores os gastos com a construção [4].

De um modo geral, o PIB, a atividade de construção e os setores de produção automóvel e industrial são os principais impulsionadores da taxa de crescimento global do mercado dos revestimentos. Para 2018 prevê-se que o PIB global cresça ligeiramente mais rápido do que em 2017. Os mercados da construção e produção industrial deverão abrandar ligeiramente o seu crescimento a nível mundial, ainda assim, continuarão a crescer mas não de forma tão acentuada quanto em 2017. Já a indústria automóvel, espera-se que no geral, cresça um pouco mais rápido comparativamente a 2017 [1].

No global, os fatores ligados ao mercado dos revestimentos indicam um bom crescimento no volume em 2018. Contudo, a taxa de crescimento será ligeiramente inferior à de 2017 dada a moderada atividade de construção e produção industrial.

Por tintas decorativas entende-se toda a gama de tintas, vernizes e esmaltes de base aquosa ou solvente aplicadas em superfícies de interior ou exterior.

Neste mercado existem essencialmente dois tipos de consumidores, os pintores profissionais responsáveis por 40% do volume de tintas decorativas a nível mundial e o pintor de bricolage, usualmente o proprietário, que representa 30%. Cada um representa cerca de 45% do mercado a nível Europeu [4]. Em termos de produto e aplicação final estes consumidores procuram requisitos específicos e diferentes entre si.

Um pintor profissional foca-se nas características de aplicação como a pulverização, o fluxo, o nivelamento, uniformidade do brilho e o toque final. Já os pintores de bricolage, procuram acabamentos fáceis de aplicar, que confirmem durabilidade e sejam sublimes. Pretendem combinar o máximo de

etapas e evitar múltiplas camadas a aplicar. Preferem revestimentos fáceis de manter, laváveis, que apresentem resistência às manchas, ao impacto e ao desbotamento de cores.

Hoje em dia, a cor encontra-se presente em tudo o que nos rodeia, é um ponto chave na arquitetura, na construção civil, no design e na decoração. A cor tem a capacidade de criar um ambiente, um impacto visual, transmite sensações e são inúmeras as formas de a interpretar.

2018 é o ano em que se assiste a uma mudança na tendência de cores. Após um longo período em que os tons prediletos eram cores frias e claras, os tons mais escuros surgem como tendência. Os consumidores estão interessados em cores mais quentes, ousadas e saturadas para iluminar o que os rodeia [3].

Nos anos 50 o processo de fabrico de tintas de cor foi completamente transformado, ao serem implementados sistemas de tintagem nos pontos de venda [5]. Esta alteração veio mudar por completo, a forma como as tintas decorativas passariam a ser vendidas. Antes disto, as tintas eram produzidas numa gama de cores limitada. Hoje em dia os sistemas de tintagem são projetados para reproduzir uma gama ilimitada de cores no momento e permitem obter a tonalidade desejada pelo cliente.

As cores são preparadas com uma dosagem precisa de corantes que é debitada num determinado tipo de base de tintagem. A maioria dos produtores de tinta não produzem os seus próprios corantes, recorrem a um fornecedor ou a outra divisão da empresa. Consequentemente, se existirem alterações nos mesmos, a formulação da base de tintagem terá que ser adaptada, para que exista uma boa compatibilidade dos corantes e bom desenvolvimento das cores.

A Tintas Robbialac S.A. é uma empresa de referência no mercado das tintas em Portugal. Desenvolve a sua atividade em quatro grandes áreas de negócio: Tintas Decorativas, Isolamento Térmico, Proteção e Manutenção e Repintura Automóvel. Apresenta um vasto portfolio de produtos, caracterizado por uma oferta multimarca: Robbialac, TintasVip, Viero, Classidur, Cuprinol, Hammerite, Aguaplast, Graco e Standox [6].

A empresa possui um sistema de tintagem específico para tintas decorativas, o qual foi recentemente remodelado através da utilização de mais e de novos corantes. Feita esta remodelação, é fundamental garantir que o comportamento e caraterísticas dos produtos não são alterados.

A presente dissertação de mestrado, realizada na empresa Tintas Robbialac S.A., tem como objetivos a realização de dois estudos, que permitem:

- Analisar o comportamento de cada corante numa gama de produtos, de diferentes graus de brilho e natureza química para verificar a influência que estes têm nas propriedades e qualidade dos mesmos.
- Analisar o comportamento de um conjunto de cores em produtos de exterior, para averiguar a sua durabilidade e resposta quando sujeitas a um envelhecimento tanto natural como acelerado.

2. Introdução

2.1. A cor

A cor encontra-se presente em tudo, para além da sua função decorativa e comunicativa é responsável pelas sensações que qualquer ambiente proporciona.

Segundo a norma NP EN 971-1 a cor define-se como sendo uma sensação resultante da perceção visual da radiação de uma dada composição espectral.

A perceção e interpretação da cor depende de diversos fatores, desde a fonte de luz ao próprio observador. Apesar do olho humano ser sensível à perceção de cor, ao ponto de distinguir milhões de cores, a noção de cor será sempre muito subjetiva, não só entre observadores, mas até mesmo para uma só pessoa, que se encontra ao longo da sua vida em ambientes e momentos diferentes [7].

A variedade de sistemas de cores existentes hoje em dia, surgiram como resposta à necessidade de identificar, especificar e avaliar as cores de forma quantitativa e objetiva.

De uma forma geral, podem ser organizados em duas categorias: os sistemas que definem a cor recorrendo a coordenadas, Sistema CIELAB e os que o fazem recorrendo a padrões ou catálogos de cor universais, Sistema NCS e o Sistema RAL.

O Sistema CIELAB é o sistema colorimétrico mais amplamente utilizado a nível mundial e sofreu ao longo do tempo, algumas adaptações para ser aplicado na indústria das tintas. Foi desenvolvido e sugerido pela CIE (*Comission Internationale de l'Éclairage*) e os seus princípios, fundamentos e equações para o cálculo dos seus parâmetros são descritos na norma ISO 7724 [8].

Utiliza três coordenadas cartesianas L^* a^* b^* para localizar uma cor em específico num sistema tridimensional, como demonstrado na Figura 2.1:

- L^* indica o grau de luminosidade e varia de 0 (preto) a 100 (branco), representa o eixo branco-preto que é perpendicular ao plano formado pelos eixos vermelho-verde (a) e azul-amarelo (b).
- a^* indica a contribuição das cores vermelha e verde: quanto mais negativo maior a contribuição da cor verde, contrariamente, quanto mais positivo maior a participação da cor vermelha.
- b^* indica a contribuição das cores azul e amarelo: quanto mais negativo maior a contribuição da cor azul e quanto mais positivo maior a participação da cor amarela.

Este sistema permite comparar duas cores de matrizes semelhantes, considerando uma como a amostra da cor em teste (t) a ser comparada com uma amostra da cor padrão (p). Posto isto, a diferença de cor é dada pela equação 2.1:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2.1)$$

Sendo que:

$$\Delta L^* = L_t^* - L_p^* \quad (2.2)$$

$$\Delta a^* = a_t^* - a_p^* \quad (2.3)$$

$$\Delta b^* = b_t^* - b_p^* \quad (2.4)$$

Onde:

L_t^* , a_t^* e b_t^* são as coordenadas cartesianas da amostra em teste;

L_p^* , a_p^* e b_p^* são as coordenadas cartesianas da amostra padrão;

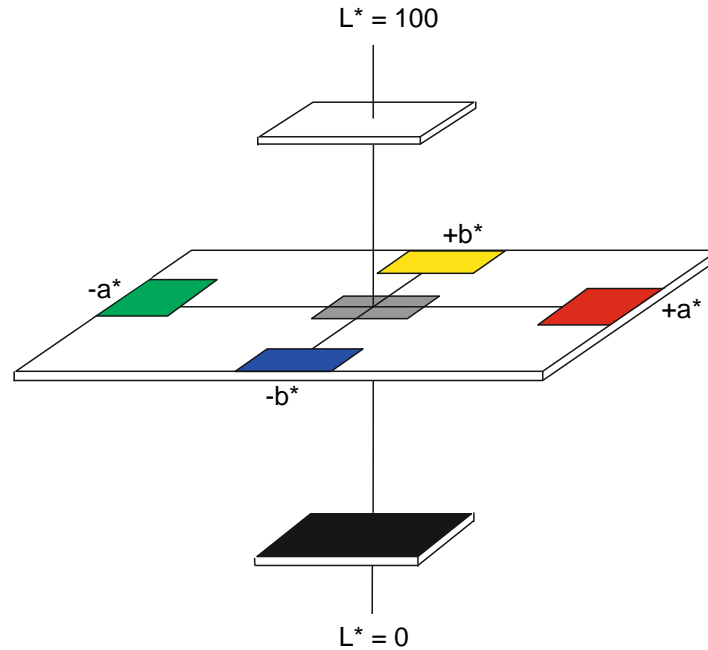


Figura 2.1 - Sistema CIELAB.

Uma grande vantagem deste tipo de sistema é que a diferença de cor, pode ser dividida nos seguintes componentes [8]:

- Luminosidade, *value*, L^* – indica o grau de claro/escuro, é o atributo da percepção visual onde uma área parece emitir mais ou menos luz.
- Saturação, *chroma*, C^* – indica o grau de pureza da cor, quanto maior o grau de pureza mais saturada é a cor. Caracteriza a quantidade da cor, indicando a proporção em que ela está misturada com o branco, preto ou cinza.
- Tonalidade, *hue*, h^* - relacionada com a percepção visual do espectro de cores, onde uma cor é percebida como vermelha, azul, amarela, entre outras.

A diferença de cor passa a ser calculada pelas equações 2.5 a 2.8:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C_{ab}^*)^2 + (\Delta h_{ab}^*)^2]^{1/2} \quad (2.5)$$

Sendo que:

$$\Delta L^* = L_t^* - L_p^* \quad (2.6)$$

$$\Delta C_{ab}^* = C_{ab,t}^* - C_{ab,p}^* = (a_t^{*2} + b_t^{*2})^{1/2} - (a_p^{*2} + b_p^{*2})^{1/2} \quad (2.7)$$

$$\Delta h_{ab}^* = h_{ab,t}^* - h_{ab,p}^* = \tanh^{-1} \frac{b_t^*}{a_t^*} - \tanh^{-1} \frac{b_p^*}{a_p^*} \quad (2.8)$$

Onde:

L_t^* , $C_{ab,t}^*$ e $h_{ab,t}^*$ são as coordenadas polares da amostra em teste;

L_p^* , $C_{ab,p}^*$ e $h_{ab,p}^*$ são as coordenadas polares da amostra padrão;

Esta forma de representar uma cor tem por base a utilização de coordenadas polares $L^* C^* h^*$. A luminosidade é semelhante nas duas representações. A tonalidade h representa o ângulo, em graus, formado pelo vetor de raio a partir do ponto central, que representa a saturação C^* [7].

Seja por coordenadas cartesianas ou polares, as duas formas de determinar a diferença de cor conduzem ao mesmo resultado. Na Figura 2.2, evidencia-se a relação em termos geométricos dos dois tipos de coordenadas.

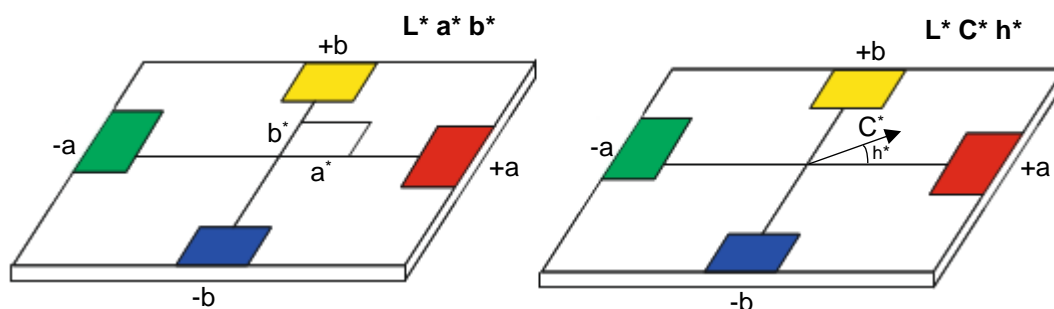


Figura 2.2 - Comparação das coordenadas $L^* a^* b^*$ e $L^* C^* h^*$ adaptado de [7].

O espectrofotômetro é o aparelho mais utilizado para medição das coordenadas que especificam uma cor e também para a comparação entre duas cores, calculando a diferença existente entre elas. Na Tabela 2.1, encontra-se a classificação usada na indústria das tintas em relação aos valores de ΔE^* e à respectiva percepção do olho humano, segundo a norma DIN 6174 (1979).

Tabela 2.1 - Percepção humana para diferentes valores de ΔE^* de acordo com a norma DIN 6174

ΔE^*	Percepção
<0,2	Imperceptível
0,2 – 0,5	Muito pequena
0,5 – 1,5	Pequena
1,5 – 3,0	Distinguível
3,0 – 6,0	Facilmente distinguível
>6,0	Muito grande

Na avaliação e desenvolvimento de cor, este tipo de aparelhos é superior ao olho humano pela sua capacidade de diferenciar tonalidades e saturações. No entanto, nas situações em que a tinta tem de cumprir limites de cor rigorosos, as decisões finais de aprovação ou não, são feitas com base na observação visual, as medições de cor servem apenas de auxílio [9].

2.2. Corantes e Pigmentos

Os corantes e os pigmentos são usados para conferir ou alterar a cor de qualquer tipo de substância. As suas aplicações são variadas, desde os têxteis, ao papel, aos revestimentos e tintas, à construção, aos plásticos, aos vidros, automóveis, aos cosméticos e comida.

Os corantes são substâncias naturais ou sintéticas, que conferem cor por absorção seletiva da luz e são solúveis nos meios onde são incorporados. As propriedades associadas à cor dependem apenas da sua estrutura química. Já os pigmentos são finas partículas orgânicas ou inorgânicas, que conferem cor por absorção e/ou dispersão seletiva de luz e são insolúveis no veículo ou no meio onde são incorporados [10].

A principal diferença entre ambos é o facto de os corantes serem solúveis em água e/ou solvente orgânico enquanto os pigmentos são insolúveis em ambos. Os corantes devem possuir uma afinidade específica com o substrato onde serão aplicados, enquanto os pigmentos para darem cor a um substrato, necessitam de componentes adicionais, como matrizes poliméricas, através dos quais, se irão posteriormente ligar ao substrato, conferindo-lhe cor.

Dadas as suas propriedades, os corantes são muito usados na indústria têxtil, já os pigmentos são fundamentais na Indústria das tintas [11].

2.2.1. Pigmentos

Segundo a Norma NP 41 um pigmento é uma substância sólida, em geral finamente dividida, praticamente insolúvel no veículo, usada na preparação de tintas com o fim de lhes conferir cor e opacidade ou certas características especiais.

No seguimento de conferirem cor e poder de cobertura, são frequentemente utilizados para conferir estabilidade aos revestimentos contra a corrosão e a influência da radiação UV. Para tal é fundamental garantir que se mantêm insolúveis na matriz envolvente [7].

Para além disso, os pigmentos devem ser capazes de suportar as influências dos meios em que são incorporados, seja no processo de fabrico das tintas ou no decorrer da sua exposição à intempérie. Devem ser compatíveis com o meio ambiente, não nocivos para a saúde humana e ter um custo adequado às exigências de preços dos materiais aos quais vão ser incorporados [12]. Os pigmentos apresentam-se sob a forma de partículas primárias, agregadas ou aglomeradas (Figura 2.3).



Figura 2.3 -Diversas formas das partículas dos pigmentos.

Em termos comerciais, é impraticável que os pigmentos sejam fornecidos sob a forma de partículas primárias, aliás só existem nesta forma, enquanto o pigmento é sintetizado. À medida que decorre o seu processo de fabrico, as partículas formam agregados e aglomerados [13]. O seu estado de agregação e aglomeração é um fator chave no processo de dispersão do pigmento.

Consequentemente, a distribuição e os próprios tamanhos das partículas influenciam propriedades como o poder tintor, o poder de cobertura ou a transparência, o brilho visual, a viscosidade, a floculação, a estabilidade e resistência à intempérie. A otimização destas propriedades está diretamente relacionada com o processo de dispersão e as variantes a ele inerentes [14].

Podem ser classificados segundo a sua natureza química, enquanto pigmentos inorgânicos e orgânicos ou tendo em conta a sua origem, natural ou sintética.

Na Tabela 2.2 comparam-se as propriedades gerais associadas a cada tipo de pigmento.

Os pigmentos inorgânicos abrangem essencialmente óxidos, hidróxidos de ferro, silicatos, sulfatos, sulfetos e carbonatos [8]. Conferem excelente poder de cobertura, apresentam elevada estabilidade da cor, resistência à luz e à intempérie, elevado poder de dispersão da luz e baixa capacidade de absorção da mesma [15].

Os pigmentos orgânicos são divididos em dois grandes grupos, pigmentos azo e policíclicos. Produzem cores mais puras, têm um poder tintor mais elevado do que os pigmentos inorgânicos e contrariamente a estes, apresentam baixo poder de dispersão da luz e elevada capacidade de absorção da mesma [9].

Tabela 2.2 - Propriedades associadas aos pigmentos orgânicos e inorgânicos [13]

Propriedades	Inorgânicos	Orgânicos
Cor	Cores desvanecidas	Usualmente brilhantes
Opacidade	Normalmente elevadas	Normalmente transparentes
Poder Tintor	Frequentemente baixo	Frequentemente alto
Resistência a solventes	Boa	Varia de boa a fraca
Resistência a químicos	Varia	Varia
Resistência ao calor	Maioritariamente boa	Varia
Durabilidade	Normalmente boa	Varia
Preço	Normalmente económicos	Varia, alguns são dispendiosos

A opacidade de um pigmento relaciona-se, com a diferença entre os índices de refração do pigmento e do meio em que é disperso (o ligante) e com a distribuição de tamanhos das partículas dos pigmentos. Até certo ponto, à medida que se aumenta o tamanho da partícula, aumenta também a sua habilidade para dispersar a luz, que consequentemente aumenta o poder de cobertura. O tamanho da partícula que conduz a opacidades ótimas pode ser calculado para qualquer comprimento de onda. Por esta razão, existe uma série de novos pigmentos orgânicos, cujo tamanho da partícula foi desenvolvido o mais próximo deste ponto ótimo e que apresentam opacidades melhoradas [13].

Já a cor de um pigmento depende essencialmente da sua estrutura química. É da absorção ou dispersão seletiva dos vários comprimentos de onda de luz visível, que incidem nos revestimentos pigmentados, que depende a sua tonalidade. Sendo em específico, os comprimentos de onda não envolvidos na absorção e que são refletidos, os responsáveis pela sua tonalidade. Posto isto, existem pigmentos brancos, pretos e das mais variadas cores de todo o espectro de luz. Os pigmentos brancos são caracterizados pelo elevado poder de dispersão da luz e baixa absorção da mesma. Os pigmentos pretos apresentam elevado poder de absorção da luz. Os pigmentos de cor apresentam absorção e dispersão de luz seletiva [8].

Na Figura 2.4 é perceptível a variedade existente de pigmentos, sejam inorgânicos ou orgânicos, divididos por diferentes grupos químicos e que produzem variadas tonalidades. Seguem-se alguns exemplos de certos grupos de pigmentos para cada cor e quais as suas propriedades gerais [13]:

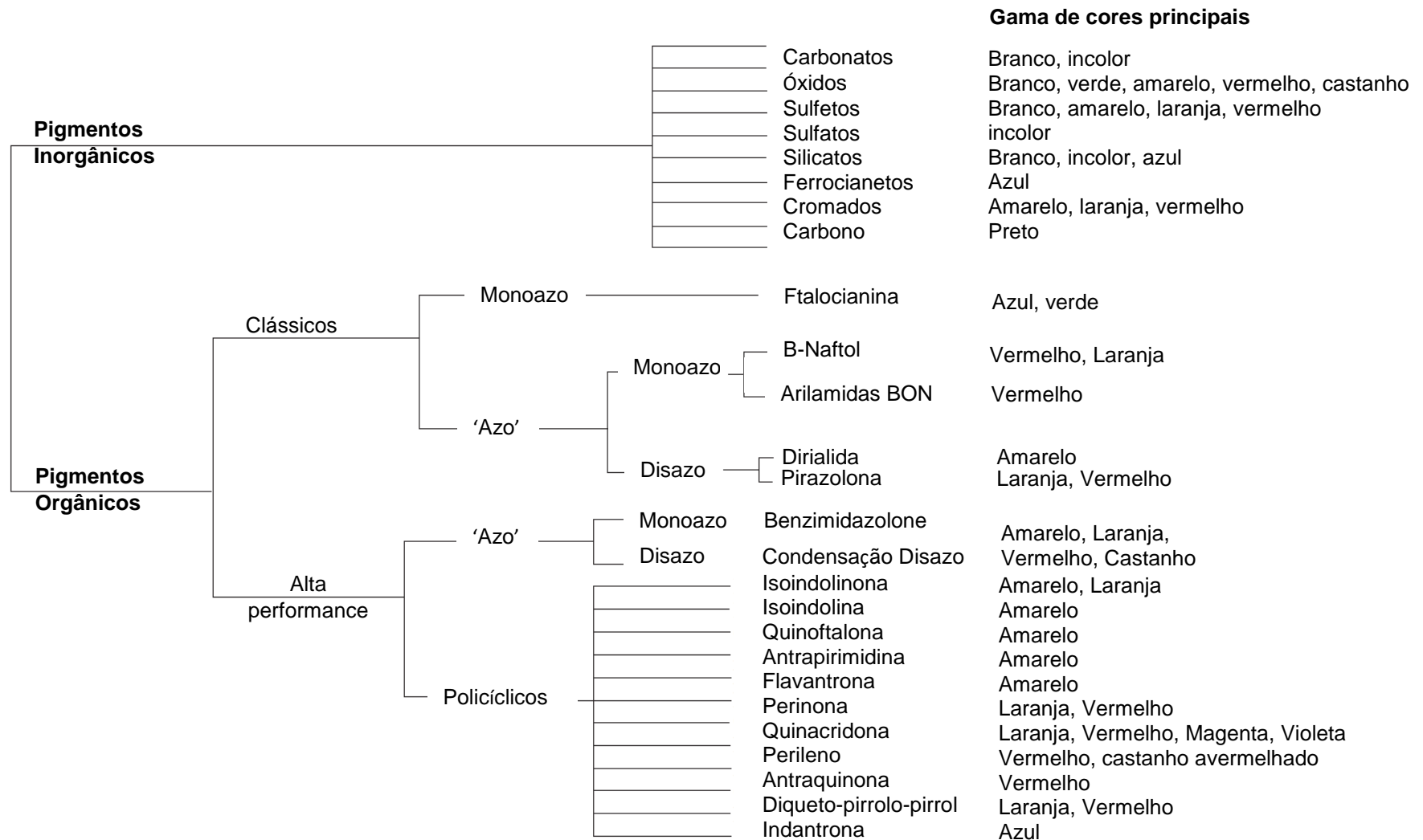


Figura 2.4 - Exemplo de pigmentos usados nas tintas, adaptado de [13].

➤ Pigmentos Brancos

Os pigmentos brancos existentes são todos pigmentos inorgânicos. Destaca-se o dióxido de titânio (TiO_2) como o pigmento branco mais importante na indústria das tintas, dadas as suas propriedades óticas e resistência química. Das três formas cristalinas existentes, apenas duas são comercializadas, a anatase e rutilo [13].

O dióxido de titânio sob a forma de rutilo apresenta um índice de refração superior, que por sua vez conduz a opacidades mais elevadas quando comparada com a forma anatase. Em aplicações de exterior tem menor tendência para a pulverulência, porque a superfície da forma anatase consegue ser dez vezes mais reativa do que a superfície da forma rutilo. Por estas razões a forma rutilo é a predileta para utilizar na maioria dos revestimentos [16].

É um pigmento estável, mas a sua atividade catalítica é ativada pela radiação UV acima de 3,08 eV, que por sua vez se encontra dentro dos níveis de energia presentes na luz solar. Posto isto, o dióxido de titânio tem a capacidade de afetar a durabilidade de um filme de tinta, quando exposto à intempérie, de duas formas distintas. Enquanto forte absorvedor da radiação UV, protege o filme de tinta. No entanto, em certas circunstâncias atua como catalisador da reação de oxidação que ocorre à sua superfície, formando-se radicais livres e peróxidos que reagem com o ligante e o degradam. Como consequência, as partículas do pigmento e das cargas ficam expostas na superfície do revestimento, levando à formação de pulverulência [16–18].

Para inibir a atividade catalítica do dióxido de titânio e melhorar a resistência à intempérie dos produtos nos quais é incorporado, os seus fabricantes revestem as partículas do pigmento com uma camada de óxidos inertes (sílica ou alumina) [16–18].

Desta forma, o dióxido de titânio reúne muitas das propriedades ideais exigidas a um pigmento branco [13]:

- Boa brancura.
- Elevada resistência a solventes orgânicos, à maioria dos químicos e ao calor.
- Elevado índice de refração que permite produzir revestimentos bastante opacos.
- Boa durabilidade.

➤ Pigmentos Pretos

Apesar de existirem pigmentos pretos tanto inorgânicos como orgânicos, é o negro de fumo, um pigmento inorgânico, o mais utilizado.

É um pigmento inorgânico, mas apresenta muitas propriedades características dos pigmentos orgânicos, tais como [13]:

- Excelente resistência à luz
- Boa resistência a solventes
- Excelente estabilidade tanto química como ao calor
- E o tamanho da partícula determina a negritude do pigmento

➤ **Pigmentos castanhos**

É uma área dominada pelo óxido de ferro, mas existem alguns pigmentos orgânicos usados para aplicações específicas.

A variedade de tons, quando obtidos naturalmente, justifica-se pelo seu conteúdo em impurezas, especialmente óxido de manganês. Possuem um baixo poder tintor e não são opacos. Quando obtidos de forma sintética produzem cores ricas com excelente resistência à luz. Contudo, não se verifica uma elevada utilização destes pigmentos na indústria das tintas porque é possível obter tons semelhantes, através da mistura de pigmentos mais económicos [13].

➤ **Pigmentos amarelos**

Nesta gama do espectro existe um alargado número de pigmentos orgânicos e inorgânicos. A escolha é feita tendo em conta as propriedades que se pretende obter na aplicação final, nomeadamente em relação ao brilho do tom, à opacidade, a requisitos de resistência à luz e considerações económicas. Para além do seu uso direto em tintas amarelas, é também muito usado em tintas laranjas, verdes e castanhas [13].

Óxidos de ferro amarelo

Fórmula química: $\text{FeO}(\text{OH})$

É o pigmento de cor inorgânico mais importante da indústria das tintas. Surge naturalmente como ocre e o tom produzido varia de amarelo brilhante a amarelo desvanecido, dependendo do grau de pureza. Na indústria predominam as vias sintéticas para a sua obtenção dada a elevada procura deste tipo de pigmentos. Apresentam [13]:

- Cor mais desvanecida do que os cromados de chumbo ou alternativas orgânicas
- Excelente resistência aos solventes e a químicos
- Moderado poder tintor
- Excelente durabilidade e resistência à luz, podem ainda melhorar a resistência à luz de outros pigmentos aos quais são incorporados por absorverem a radiação UV.
- Elevado índice de refração, tendo normalmente bom poder de cobertura, mas podem ser produzidos na forma transparente.
- São dos pigmentos mais fáceis de dispersar.

Vanadato de bismuto

Fórmula química: entre BiVO_4 e uma mistura de cristais de BiVO_4 e Bi_2MoO_6

É um pigmento inorgânico recente no mercado. Apresenta [13]:

- Um tom claro e intenso.
- Elevada opacidade.
- Elevada resistência à luz.
- Excelente resistência a solvente e ao calor.
- Em combinação com pigmentos orgânicos, apresenta tonalidades brilhantes com alta saturação e poder de cobertura.

➤ Pigmentos Laranjas

Para esta gama do espectro é difícil estabelecer uma fronteira entre o amarelo/laranja e o laranja/vermelho. Por esta razão muitos pigmentos laranjas podem ser obtidos seguindo uma química semelhante tanto a pigmentos amarelos como vermelhos [13].

➤ Pigmentos Vermelhos

Representa o maior grupo de pigmentos. No entanto, não existe um tipo predominante, dada a existência de limitações em todos os grupos químicos existentes nesta zona do espectro.

Óxido de ferro vermelho

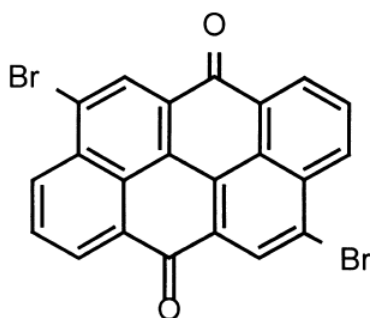
Fórmula química: Fe_2O_3

A maioria dos óxidos de ferro vermelhos usados na indústria das tintas têm origem por vias sintéticas. Tal como na maioria dos pigmentos, a sua tonalidade depende do tamanho e forma da partícula. Sendo os tons pálidos produzidos através de pequenas partículas. Apresentam excelentes propriedades de aplicação, tais como [13]:

- Excelente estabilidade ao calor.
- Excelente resistência química e a solventes.
- São normalmente opacos.
- Baixo poder tintor, ainda assim como têm um baixo preço tornam-se económicos.
- Têm como limitação, um tom vermelho acastanhado desvanecido.

Dibromantrona

Fórmula química:

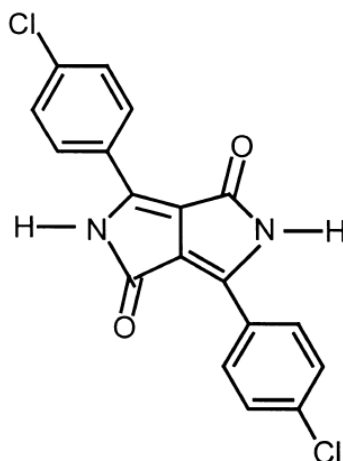


Apresentam [13]:

- Tom escarlate brilhante.
- Boa resistência a solventes.
- Estabilidade ao calor suficiente para a maioria das tintas.
- Excecional resistência à luz.
- Preço elevado que limita a sua utilização, sendo ocasionalmente usado em sistemas de tintagem onde mesmo em tons pálidos, mantém a excelente resistência à luz.

Diqueto-pirrol-pirrol (DPP)

Fórmula química:



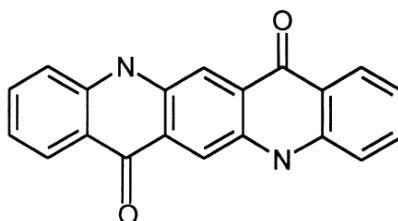
Introduzidos recentemente no mercado, mas rapidamente conquistaram várias aplicações dadas as suas propriedades, tais como [13]:

- Tons brilhantes.
- Boa opacidade.
- Excelente estabilidade ao calor e resistência aos solventes.

Vão ao encontro das mais exigentes aplicações, mas são frequentemente usados em combinação com outros pigmentos, mais económicos e de elevadas gamas de opacidade.

Quinacridona

Fórmula química:



Apresentam [13]:

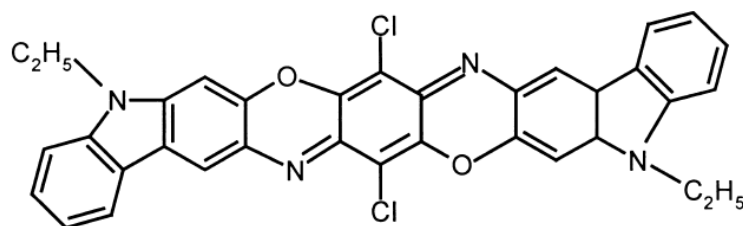
- Cores brilhantes.
- Excelente estabilidade ao calor.
- Excelente resistência química e aos solventes
- Elevada resistência à luz.
- Relativamente caros, mas encontram aplicação em todas as áreas da indústria das tintas.

➤ **Pigmentos violetas**

Embora as tintas violeta não sejam vistas com elevada frequência, os pigmentos violeta atraem um uso considerável porque preenchem a lacuna que existe entre o vermelho e o azul. Na indústria das tintas existe um grupo quimicamente predominante, usado numa variada gama de sistemas de pintura, desde emulsões de base aquosa à indústria automóvel.

Dioxina violeta

Fórmula química:



Apresentam [13]:

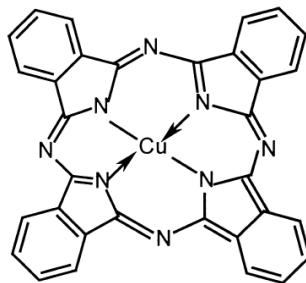
- Elevada resistência aos solventes.
- Elevada resistência à luz e ao calor.
- Elevado poder tintor, que compensa o facto de serem relativamente caros, tornando-os razoavelmente económicos para algumas aplicações.
- Vulneráveis à floculação dado o seu tamanho de partícula muito pequeno.

➤ **Pigmentos Azuis**

Existem relativamente poucos pigmentos azuis porque existe um grupo químico de pigmentos orgânicos, que domina por completo esta zona do espectro, a ftalocianina de cobre.

Ftalocianina de cobre

Fórmula química:



Podem ser considerados como os pigmentos ideais, por apresentarem [13]:

- Cores de elevadas intensidades.
- Excelente estabilidade ao calor e boa resistência à luz.
- A maioria apresenta excelente resistência a solventes.
- Pigmentos polimórficos, existem 3 formas cristalinas comercializadas.
- Elevado poder tintor, tornando-os os pigmentos mais baratos do mercado.
- São bastante transparentes.
- As partículas são tão pequenas que tendem a flocular e perder intensidade de cor, o que se torna notório em pigmentos de poder tintor tão elevado.

Cobalto Azul Transparente

Fórmula química: CoAl_2O_4

Pertencem ao grupo de pigmentos inorgânicos complexos. Podem ser usados nas aplicações mais exigentes, mas são muito usados em tons pálidos em que é necessária elevada resistência à luz. São pigmentos que apresentam [13]:

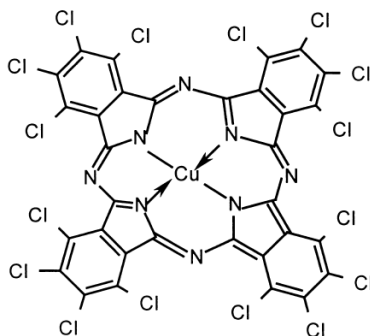
- Elevada estabilidade química e ao calor.
- Excelente resistência aos solventes e à luz.

➤ **Pigmentos verdes**

Tal como na zona azul do espectro, a ftalocianina de cobre domina o setor de pigmentos verdes. Os pigmentos inorgânicos desempenham um papel pouco relevante. Na prática, as cores verdes são obtidas frequentemente pela mistura de amarelos e azuis, por ser esta a abordagem que melhor preenche os requisitos económicos e de brilhos.

Ftalocianina de cobre halogenada

Fórmula química:



A tonalidade obtida depende do grau e do tipo de halogenação. São pigmentos que podem ser usados em qualquer sistema de pintura e apresentam propriedades que conseguem ser ainda superiores às gamas azuis, tais como [13]:

- Excelente resistência química e a solventes.
- Elevada estabilidade ao calor e resistência à luz.
- Elevado poder tintor.
- Fácies de dispersar e com menor tendência a flocular.
- Usualmente transparentes.

Estudos indicam que, as características dos pigmentos, como a sua natureza química, o tamanho da partícula, o estado de dispersão, a morfologia e o nível de pigmentação, determinam as propriedades dos revestimentos tanto na sua forma líquida como sólida [19].

As pastas corantes que são adicionadas às bases de tintagem, contêm partículas de pigmento totalmente molhadas e preparadas com algum ligante e a menor quantidade possível, de agentes dispersantes e molhantes [20].

2.3. Aplicação dos pigmentos nas tintas para construção civil

Recorrendo à norma portuguesa NP 41, uma tinta é definida como “uma composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após diluição, dispersão em produtos voláteis ou fusão, é convertível ao fim de certo tempo, numa película sólida, contínua, corada e opaca.” São usadas para diversas funcionalidades como proteção, decoração, iluminação, higiene, segurança e ornamentação.

Atualmente, para obter a tinta enquanto produto final e com uma determinada cor, são produzidas bases de tintagem, às quais são adicionadas pastas corantes, designadas usualmente por corantes. Este é um processo simples, que permite facilmente obter uma inimaginável variedade de cores no momento, independentemente da escala. E veio reduzir os custos de fabrico de uma determinada tinta, uma vez que, são produzidas as bases de tintagem nas fábricas e é apenas nos postos de vendas que são afinadas milhares de cores na hora, pondo fim ao stock de cores.

As bases de tintagem dividem-se essencialmente em dois grupos, bases transparentes e brancas, estando esta distinção associada à quantidade do pigmento dióxido de titânio existente na sua constituição. Nas bases transparentes não existe o pigmento dióxido de titânio, sendo mais apropriadas para afinar cores escuras. Já as bases brancas têm na sua constituição o pigmento dióxido de titânio e são usadas para afinar cores claras e médias [20].

Dependendo do critério a considerar, existem diversas formas de classificar as tintas [21]:

- Natureza química do solvente – tintas de base aquosa (o ligante encontra-se disperso na fase aquosa), tintas de base solvente (o ligante é disperso em solvente orgânico) ou tintas isentas de solvente (tintas em pó).
- Fim a que se destinam – primários, isolantes, tinta interior, exterior, esmaltes.
- Tipo de ligante ou resina – tintas acrílicas, alquídicas, epóxi, entre outras.
- Natureza do substrato a aplicar – substratos minerais, madeiras, metais ferrosos, plásticos.
- Acabamento – mate, acetinado, brilhante.
- Campo de aplicação – Tintas Decorativas, Industriais e Automóveis, Marítimas e de Manutenção.

As tintas são constituídas por inúmeros componentes dependendo, do método a aplicar, das propriedades pretendidas, do substrato a revestir e de eventuais restrições ecológicas e económicas [9]. Para além dos pigmentos, são constituídas essencialmente por ligantes, cargas, solventes e aditivos.

Os solventes têm como função, permitir o processamento dos componentes sólidos ou altamente viscosos da tinta, durante a fabricação, aplicação e formação de filmes [22]. Com o passar do tempo e o avançar da tecnologia, as tintas de base aquosa conquistaram o mercado das tintas decorativas. Surgiram enquanto alternativa a produtos à base de solventes orgânicos, que representavam um problema a nível ambiental. As tintas de base aquosa evidenciam-se dos restantes por serem produto seguros, de baixo odor e de fácil limpeza [23].

2.3.1. Cargas

Segundo a norma NP 41, uma carga é uma substância inorgânica sob a forma de partículas mais ou menos finas, de fraco poder de cobertura, insolúveis nos veículos (ligantes), empregada como constituinte de tintas com o fim de lhes modificar determinadas propriedades.

São exemplo de cargas, o carbonato de cálcio, dolomite, barita, talco. As cargas têm a capacidade de influenciar várias propriedades das tintas, tais como a permeabilidade da película, a resistência química, o brilho, a sedimentação, a resistência à abrasão e viscosidade. Contudo, a sua principal função passa por reduzir os custos das matérias-primas na formulação das tintas [12, 22]. Não estando essencialmente relacionadas com o desempenho ótico das tintas, a adição de cargas visa aumentar o seu conteúdo em sólidos e melhorar as propriedades mecânicas [7].

A maioria das cargas é branca e têm um índice de refração próximo aos ligantes mais usados (entre 1,4 e 1,7). Contrariamente ao dióxido de titânio, que apresenta um índice de refração superior (cerca de 2,7), conferem poderes de cobertura inferiores [13].

2.3.2. Ligantes

Segundo a norma portuguesa NP 41, entende-se por ligante ou veículo fixo o conjunto de componentes das tintas, vernizes ou produtos similares que permitem a formação da película sólida.

Os ligantes apresentam um papel fundamental na formação do filme de tinta, promovendo a adesão ao substrato. Determinam a maioria das propriedades primárias do filme de uma tinta seca, como a adesão, inúmeras propriedades óticas e mecânicas, bem como a resistência a condições específicas de exposição. É na matriz do ligante que se fixam os pigmentos e as cargas [22].

Hoje em dia, os ligantes utilizados em tintas decorativas de base aquosa são predominantemente dispersões poliméricas. São sistemas multifásicos, compostos por uma fase dispersa, as partículas poliméricas sob a forma de esferas de diâmetro inferior a 1µm, que se encontra presente numa fase contínua, a água [24].

Na área das tintas decorativas de base aquosa a maioria das tintas são produzidas a partir de dispersões de polímeros e copolímeros puramente acrílicos, estireno acrílicos e copolímeros de ésteres vinílicos. Para os esmaltes, verifica-se um particular interesse nas dispersões acrílicas e alquídicas de base aquosa, que surgem como alternativa às resinas alquídicas em base solvente [24].

A aplicação de tintas de base aquosa no interior de habitações (paredes e tetos) ou no exterior (rebocos de cimento e betão ou superfícies de madeira), para além de uma função decorativa, contribui para a proteção do substrato. Conferindo-lhe uma maior imunidade contra mecanismos de degradação, protendo-o da ação dos fatores inerentes à sua exposição. Para tal é fundamental que o revestimento seja compatível com o substrato, para que consiga assegurar a proteção e o aspeto estético da superfície pintada ao longo do tempo de vida expectável [25–27].

De acordo com o uso final, o tipo de revestimento e o substrato alvo, são impostos ao ligante e ao revestimento resultante, uma variedade de requisitos de performance, nomeadamente [24]:

- Filme de elevada qualidade e fácil aplicação
- Filme com baixa absorção de água e efeito barreira para a mesma
- Boa permeabilidade ao vapor de água

- Dureza ou elasticidade (dependendo da aplicação)
- Boa resistência à saponificação
- Boa resistência química
- Elevado brilho superficial e em sistemas não pigmentados, boa transparência do filme
- Estabilidade à intempérie (sem amarelecimento e boa retenção de brilho)
- Boa aderência ao substrato
- Baixa tendência para a formação de espumas
- Compatibilidade com os pigmentos, cargas e solventes.
- Amigo do ambiente (baixo odor, baixo COV – componentes orgânicos voláteis e capacidade de formular baixas porções de solvente)

Para a formulação e caracterização das tintas existe um parâmetro fundamental a definir, a concentração volumétrica do pigmento (**PVC**). Representa a razão entre o volume de pigmentos e cargas em relação ao volume total de revestimento seco, expressa em percentagem, segundo a equação 2.9. Quanto maior o PVC menor a quantidade de ligante que a tinta contém [24].

$$\% PVC = \frac{V_{p+c}}{V_{p+c} + V_L} \times 100 \quad (2.9)$$

Em que:

V_{p+c} representa o volume de pigmentos e cargas

V_L representa o volume de ligante

Define-se ainda a concentração volumétrica crítica do pigmento (**CPVC**) que representa, a concentração do pigmento em volume para a qual o ligante preenche exatamente o volume de vazios, entre as partículas dos pigmentos e das cargas em contacto. A partir da qual, determinadas propriedades da película são fortemente alteradas. Quanto maior o CPVC para um certo ligante, menor é a quantidade necessária do mesmo para alcançar as propriedades necessárias [24].

O CPVC é determinado por um lado, pela natureza química e tamanho da partícula de ligante, por outro pelos pigmentos e cargas. Muitas propriedades do filme mudam drasticamente quando o PVC excede o CPVC, como se pode observar na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Propriedades dos revestimentos em função do PVC [24]

Propriedade	PVC < CPVC	PVC > CPVC
Brilho	Elevado	Baixo
Porosidade	Baixo	Elevado
Absorção de água	Baixo	Elevado
Permeabilidade ao vapor de água	Baixo	Elevado
Elasticidade	Elevado (dependente Tg)	Baixo
Poder de cobertura	Baixo	Elevado
Resistência à esfrega húmida	Elevado	Baixo

Para tintas formuladas abaixo do CPVC, é o ligante que determina as propriedades superficiais do revestimento, visto que nestas condições existe um filme polimérico contínuo, sem poros. Enquanto nas tintas formuladas acima do CPVC, existe um sistema de poros abertos sendo os pigmentos e as cargas os predominantes influenciadores das propriedades superficiais do revestimento [24].

O PVC é indiretamente uma definição do grau de brilho e da gama de aplicações das tintas como se pode ver na Figura 2.5.

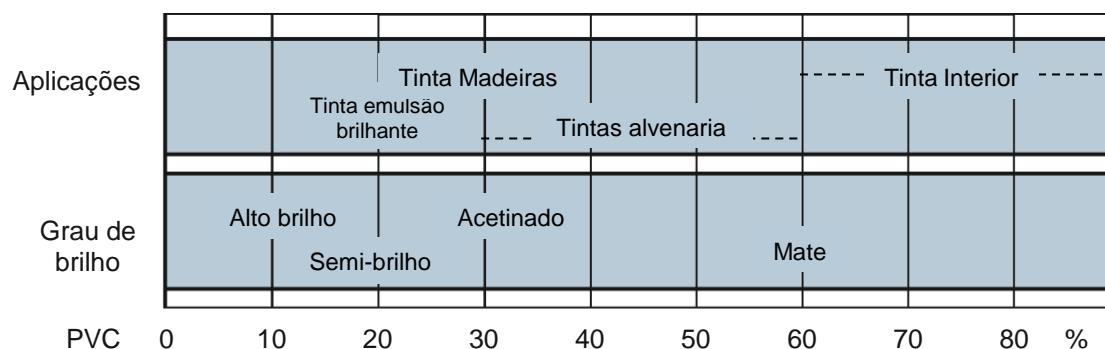


Figura 2.5 – Relação do PVC com graus de brilho e aplicações de tintas, adaptado de [24].

Para além de diferenciar as tintas segundo o seu PVC, é também de grande importância diferenciá-las segundo o seu uso final. Em tintas de interior e exterior são usados na sua formulação diferentes tipos de ligantes, gamas de dióxido de titânio e cargas em diferentes proporções, pelo que são impostos diferentes requisitos a cada tipo de tinta [24].

Desta forma, torna-se essencial definir as características de desempenho a avaliar para cada tipo de tinta. As tintas aquosas lisas para paredes e tetos de interiores, são atualmente objeto da norma portuguesa NP 4378. As tintas elastoméricas para superfícies exteriores de edifícios são alvo da norma NP 4504. As tintas para superfícies exteriores de edifícios são alvo da norma NP 4505. Já as tintas e vernizes para madeira exterior são alvo da norma EN 927. Nestas normas são indicados os critérios que servem de base para a sua classificação e definidas as especificações para as propriedades essenciais, que os materiais devem possuir em todas as situações de utilização [25–27].

Na Tabela 2.4 apresentam-se as características utilizadas na avaliação do desempenho dos diversos revestimentos por pintura e os respetivos métodos de ensaio usados para as determinar.

As tintas de interior são essencialmente divididas de acordo com o grau de brilho, em mates, acetinadas e brilhantes. Para além do efeito decorativo e fácil aplicação, baixos odores e emissões para o ambiente são os requisitos fundamentais deste tipo de tintas [24].

Já nas tintas de exterior a sua diferenciação é feita segundo o substrato a que se destinam, sejam fachadas, madeiras, superfícies metálicas ou qualquer outro tipo de superfície doméstica. As tintas para fachadas são usualmente mates ou acetinadas, enquanto as tintas para madeiras variam de vernizes transparentes a esmaltes brilhantes ou acetinados com capacidade de cobrir a superfície. Os requisitos essenciais para este tipo de tintas são a estabilidade à intempérie, resistência aos raios UV, mínima absorção de água líquida e elevada permeabilidade ao vapor de água, resistência a fungos, algas e à adesão de sujidade, boa resistência à saponificação e uma certa elasticidade do ligante [24].

A durabilidade de um revestimento de exterior encontra-se diretamente dependente de fatores como; a formulação, no que diz respeito ao tipo de ligante usado, o PVC e teor em sólidos; o ângulo e direção ao qual é exposto; a própria aplicação, no que refere à preparação e condições da superfície, o número de camadas e espessura aplicada. São ainda determinantes, as condições ambientais às quais é sujeito. Nomeadamente a presença de água, a temperatura e a radiação que nele incide, principalmente a radiação UV de baixo comprimento de onda, sendo a região da luz solar que danifica os revestimentos [4].

Tabela 2.4 – Características de desempenho a avaliar para cada tipo de tinta [25–27]

Característica	Método de ensaio	Tintas para paredes e tetos interiores de edifícios	Tintas para superfícies exteriores de edifícios	Tintas elastoméricas para superfícies exteriores de edifícios	Tintas e vernizes para madeira em aplicações de exterior
Aplicabilidade e observação da película seca	NP EN ISO 4618	X	X	X	X EN 927-1
Poder de cobertura	EN ISO 6504-3	X	X		X EN 927-1
Brilho	NP EN ISO 2813	X	X		X
Viscosidade Stormer	NP 234	X	X		X
Resistência à esfrega húmida	NP EN ISO 11998	X			
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	-	X Anexo A da norma NP 4378	X Anexo A da norma NP 4505		
Resistência à fissuração a espessuras elevadas	-	X Anexo B da norma NP 4378	X Anexo B da norma NP 4505		
Resistência aos fungos	ASTM D 5590	X	X	X	
Resistência às algas			X	X	
Permeabilidade ao vapor de água	NP EN ISO 7783- 2		X	X	
Permeabilidade à água	EN 1062-3		X	X	X EN 927-5
Resistência ao envelhecimento artificial acelerado	ISO 11664-4 EN ISO 4628		X EN ISO 16474-2	X EN ISO 16474-2	X EN 927-6
Resistência ao envelhecimento natural	ISO 4628 ISO 7724-3				X EN 927-2
Aderência ao substrato	NP EN ISO 2409		X	X NP EN ISO 4624	X
Propriedades de tração	ASTM D 2370			X	
Resistência a baixas temperaturas	EN ISO 1519			X	
Espessura do revestimento por pintura	NP 4505		X		

A água representa um fator determinante de degradação das fachadas e dos seus revestimentos. O nível de água absorvida por uma tinta depende de fatores como [24]:

- Composição química e a polaridade do polímero que constitui o ligante
- Tipo e quantidade de sais solúveis em água e emulsionantes
- Tipo e quantidade de aditivos absorvedores de água
- Tamanho das partículas
- Temperatura de transição vítrea do polímero, T_g
- Qualidade do filme e condições de secagem
- Teor de sais e pH da água

A polaridade dos monómeros que constituem o ligante é o fator determinante da água absorvida pelo polímero. Quanto mais hidrofílico for o ligante, maior será a absorção de água.

A intrusão de água tem um efeito plastificante e aumenta a extensibilidade dos filmes, mas diminui a resistência mecânica. Podendo causar uma perda do poder ligante ao pigmento e ao substrato, devido à redução das forças de adesão do polímero como função da quantidade de água absorvida. Desta forma, a absorção de água num substrato deve ser impedida, privilegiando-se uma boa resistência à água num revestimento. No entanto, na eventualidade de o substrato entrar em contacto com a água, uma adequada permeabilidade ao vapor de água, deve garantir uma rápida secagem restaurativa. Por esta razão, o filme de tinta deve apresentar proporções equilibradas entre a absorção de água e permeabilidade ao vapor de água [24].

O **envelhecimento natural** de um revestimento é o método mais viável e realista para avaliar o seu comportamento e durabilidade quando exposto à intempérie. No entanto, não é um método cujos resultados são reprodutíveis porque não é possível controlar a variabilidade de condições de exposição, já que dependem da localização, da época e ano em que são realizadas [16]. O seu longo período de avaliação torna-se uma desvantagem para a indústria, principalmente se se tratarem de produtos em desenvolvimento ou lançamento, cujos resultados se pretendem que sejam rápidos e fidedignos.

Em resposta a esta necessidade foram já desenvolvidos diversos ensaios de laboratório normalizados. Pretendem simular de forma acelerada a exposição a condições ambientais como as elevadas temperaturas, a humidade e a radiação UV, num curto período de tempo, comparativamente ao envelhecimento natural. As condições de exposição do **envelhecimento artificial** são controláveis, reprodutíveis. Os seus resultados representam uma tentativa de prever o possível comportamento do revestimento quando exposto à intempérie, recorrendo para tal a condições mais severas [16].

São utilizadas temperaturas elevadas e ciclos de condensação, chuva ou imersão de água. Para simular a radiação são usadas desde lâmpadas de xenon a lâmpadas fluorescentes. As lâmpadas de Xénon pretendem simular toda a gama de radiação do espectro solar dos 295nm aos 800nm, incluindo radiação ultravioleta, visível e infravermelha. Contrariamente, as lâmpadas fluorescentes foram desenvolvidas para simular apenas, a região UV do espetro solar que danifica os produtos a ela expostos. São exemplos as lâmpadas UVA-340 e UVB-313. Ambas são usadas na indústria das tintas, mas a escolha entre elas, depende da velocidade e precisão de resultados que se pretende obter. As

lâmpadas UVA-340 simulam um espectro de luz muito semelhante ao da luz natural, enquanto as lâmpadas UVB-313 causam degradações mais rápidas [16, 28].

Contudo, a tentativa de acelerar o efeito da exposição à intempérie leva à utilização de condições que podem ser excessivamente agressivas e conduzir a resultados que não sejam atingidos durante a exposição real [29]. Apesar de o envelhecimento artificial apresentar grandes vantagens em comparação ao envelhecimento natural, não existe uma correlação direta entre ambos. Os seus resultados servem apenas para estabelecer comparações e ter uma ideia do comportamento que um revestimento pode, ou não, vir a apresentar no seu envelhecimento natural [16,17]. Desta forma, o envelhecimento natural é imprescindível sempre que se pretende avaliar a durabilidade de um revestimento.

2.3.3. Aditivos

São produtos auxiliares, adicionados em pequenas quantidades, para melhorar ou modificar propriedades específicas das tintas, sejam elas técnicas ou económicas [9, 22]. Podem alterar de forma significativa as propriedades dos três componentes principais de uma tinta, para prevenir possíveis defeitos (espumas, floculação, sedimentação) [22].

São classificados segundo as suas funções e são exemplos de aditivos, os espessantes, os agentes dispersantes e molhantes, os secantes, agentes anti-peles e anti-espumas.

Os **espessantes** são aditivos que influenciam as propriedades reológicas da tinta e estas, por sua vez, influenciam o armazenamento, processamento e desempenho no momento da sua aplicação.

A reologia é a ciência que estuda como os materiais se deformam e fluem sob a influência de forças externas, ou seja, estuda a viscosidade sob uma variada gama de condições.

Um modelo reológico típico é o representado na Figura 2.6, em que existe uma força externa a ser exercida na superfície de um líquido.

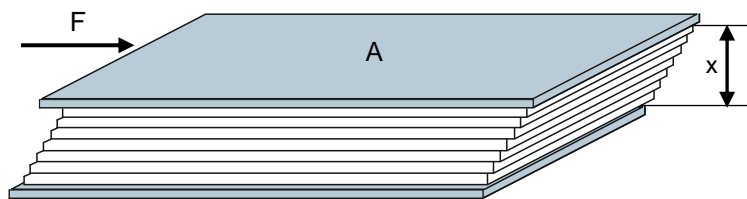


Figura 2.6 - Modelo reológico de placa dupla, adaptado de [7].

A força aplicada por unidade de área representa a tensão de corte.

$$\tau \text{ (tensão de corte)} = \frac{F}{A} = N.m^{-2} \quad (2.10)$$

Em que:

F – Força externa em Newtons, N

A – área da superfície em m²

À medida que a força é aplicada na camada superior do líquido, tanto esta como as camadas seguintes movem-se na direção da força, exceto a última que permanece imóvel. As camadas de líquido mover-se-ão na mesma direção com velocidades diferentes, e assumem valores entre a velocidade máxima da camada superior e o valor zero da camada inferior [22]. A razão de corte ou velocidade de deformação é definida segundo a equação 2.11:

$$\gamma \text{ (velocidade de deformação)} = \frac{v}{x} = s^{-1} \quad (2.11)$$

Em que:

v – Velocidade da camada superior em m.s⁻¹

x – Espessura em m

Posto isto, a viscosidade é definida pela razão entre a tensão e a velocidade de deformação segundo a equação 2.12:

$$\eta \text{ (viscosidade)} = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{N.s}{m^2} \text{ ou } Pa.s \quad (2.12)$$

Em que:

τ – Tensão de corte em N.m⁻²

γ – Velocidade de deformação em s⁻¹

A viscosidade é vista como uma medida da resistência do fluxo do líquido contra a sua deformação. Depende não só da razão e tensão de corte, depende ainda da pressão, temperatura e do tempo.

Do estudo das propriedades reológicas de um material são obtidas as respetivas curvas de viscosidade, em que esta é expressa como uma função da velocidade de deformação. Tendo por base as curvas de viscosidades podem classificar-se os comportamentos observados da seguinte forma [22]:

1. Comportamento Newtoniano

Um fluido Newtoniano apresenta uma viscosidade constante independentemente da velocidade de deformação aplicada, para uma determinada pressão e temperatura (Figura 2.7). Sendo a velocidade de deformação diretamente proporcional à tensão de corte. São exemplos de fluidos newtonianos a água e os solventes puros.

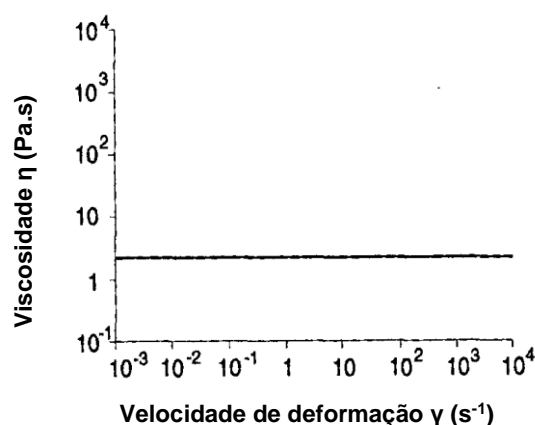


Figura 2.7 - Variação da viscosidade com a velocidade de deformação para um fluido Newtoniano [22].

2. Comportamento não-Newtoniano

Já um fluido não-Newtoniano apresenta uma viscosidade que varia com a velocidade de deformação, Figura 2.8. Num sistema pseudoplástico a viscosidade diminui com o aumento da velocidade de deformação, para uma pressão e temperatura pré-definidas. Contrariamente, quando a viscosidade tende a aumentar o produto apresenta um comportamento dilatante.

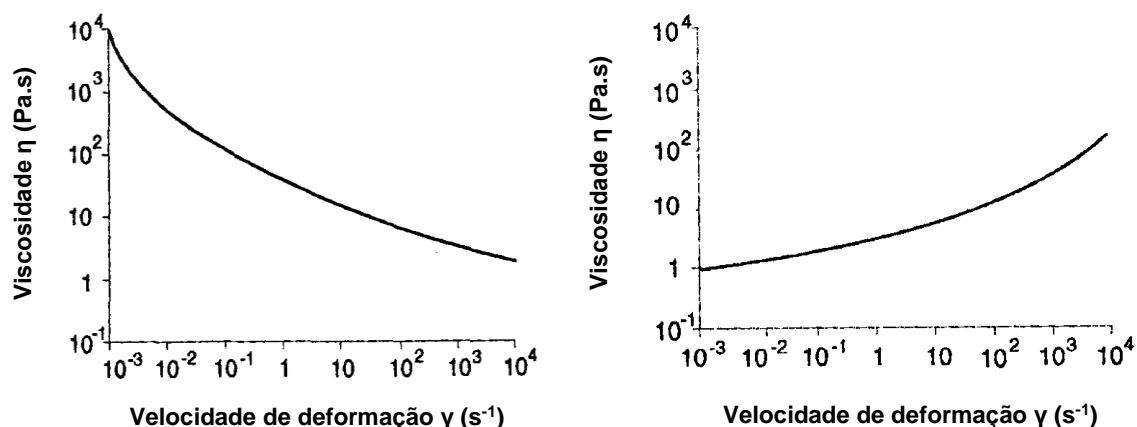


Figura 2.8 - Variação da viscosidade com a velocidade de deformação segundo, um comportamento pseudoplástico (à esquerda) e um comportamento dilatante (à direita) [22].

As tintas apresentam um comportamento do tipo pseudoplástico e existem valores típicos de velocidade de deformação associados a cada etapa de operação (Figura 2.9). A consistência de uma tinta que se relaciona com a sua aparência e sensação na mistura, é medida e ajustada em velocidades de deformação média, as propriedades de aplicação em velocidades de deformação altas, a formação de filme e propriedades de armazenamento em embalagem em velocidades de deformação baixas [16].

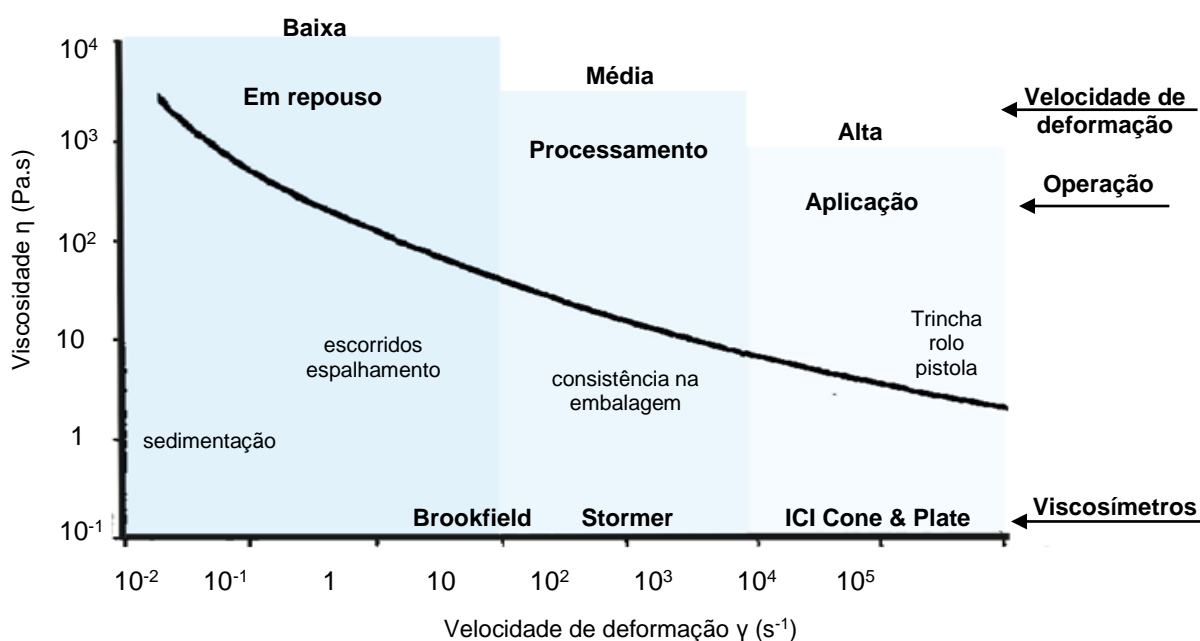


Figura 2.9 – Curva típica de viscosidade de uma tinta, dividida por intervalos de velocidade de deformação e respetivos viscosímetros referentes a cada gama, adaptada de [16].

No entanto, o comportamento reológico pode em condições de baixas velocidades de deformação, ser influenciado pela agitação realizada antes de medida a viscosidade, apresentando um certo comportamento tixotrópico [12].

Verifica-se que um produto tem um comportamento tixotrópico quando sob uma tensão de corte constante, a viscosidade diminui com o passar do tempo, para uma determinada pressão e temperatura, quando cessada a tensão de corte a viscosidade tende a aumentar novamente (Figura 2.10).

É um comportamento que depende do tempo e envolve a quebra da estrutura reológica por agitação, seguida da sua recuperação ao longo do tempo. Dependendo do material, a recuperação da viscosidade pode variar de segundos a meses.

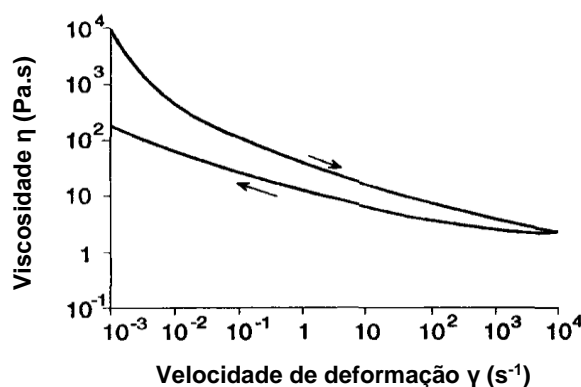


Figura 2.10 - Variação da viscosidade com a velocidade de deformação segundo um comportamento tixotrópico [22].

Este tipo de comportamento é uma vantagem no que diz respeito ao desempenho das tintas. Por um lado, permite valores de viscosidade baixos para altas velocidades de deformação (no momento da aplicação) facilitando a sua aplicação. Por outro, permite valores de viscosidade altos para baixas velocidades de deformação (durante a armazenagem, transporte e após aplicação) prevenindo a sedimentação dos pigmentos e a formação de escorridos. Para além dos espessantes, tanto os ligantes, pigmentos, cargas como os solventes influenciam o comportamento reológico de uma tinta [12].

Os **agentes molhantes** são moléculas de baixo peso molecular com um segmento hidrofílico e outro hidrofóbico, utilizados como aditivos com o intuito de reduzir a tensão superficial e melhorar a molhagem das superfícies das partículas. Os **agentes dispersantes** são polímeros usados na estabilização da dispersão dos pigmentos e cargas. Distinguem-se dos molhantes por terem na sua constituição um grupo com afinidade para o pigmento (grupos âncora) e cadeias laterais poliméricas para estabilizar os pigmentos [30].

Os agentes dispersantes são aditivos usados na formulação das tintas, para melhorar o processo de dispersão dos seus constituintes sólidos na fase líquida, durante o seu fabrico, armazenamento e aplicação enquanto produto final. Os pigmentos e as cargas são os grandes exemplos dos constituintes sólidos a serem dispersos na fase líquida, constituída essencialmente pelos ligantes e os solventes [22].

A qualidade de uma tinta é fortemente influenciada pelo estado de dispersão das partículas dos pigmentos na fase líquida. Uma dispersão completa dos pigmentos é essencial para atingir um desenvolvimento ótimo tanto da cor como da sua intensidade, assim como boas opacidades, elevados brilhos e ainda boas propriedades para a exposição ao exterior [22].

O processo de dispersão passa por molhar e desintegrar as partículas agregadas e aglomeradas dos pigmentos. Sendo o objetivo final, produzir uma suspensão de partículas primárias com uma distribuição de tamanhos o mais finas possível, para que conduzam às propriedades óticas desejadas. Tão importante quanto a dispersão é a sua estabilização, que previne a floculação das partículas, isto é, a reaglomeração das partículas primárias para formar novos aglomerados (Figura 2.11). Condição fundamental não apenas durante o processo de produção das tintas, mas também durante o seu armazenamento e aplicação para garantir as suas propriedades ótimas [31].

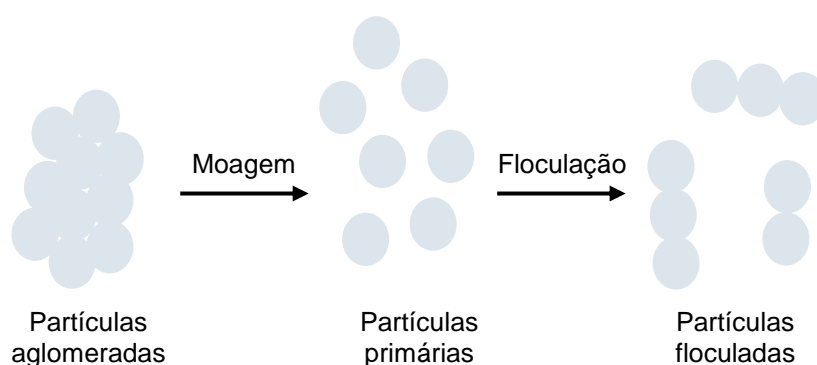


Figura 2.11 - Partículas de pigmento primárias, aglomeradas e floculadas, adaptada de [32]

A molhagem dos pigmentos, primeira etapa do processo de dispersão, consiste em substituir a interface pigmento/ar, dada a existência de cavidades entre partículas aglomeradas ou floculadas, por uma interface pigmento/veículo. Segue-se a separação das partículas floculadas, aglomeradas e agregadas em pequenas partículas, através de uma força mecânica induzida. As partículas floculadas são as mais fáceis de separar, bastando uma simples agitação, enquanto as restantes partículas requerem uma energia mecânica superior. As partículas agregadas são as que revelam maiores problemas de separação [12, 22].

Na ausência de forças repulsivas, as partículas de pigmentos suspensas irão flocular novamente, Figura 2.11, em resposta às forças atrativas entre elas (forças de Van der Waals são as predominantes). Para ultrapassar as forças atrativas, os agentes dispersantes adsorvem na superfície do pigmento criando forças de repulsão consideráveis entre partículas, segundo dois tipos de mecanismos, por repulsão electrostática ou impedimento estérico, Figura 2.12 [22].

A repulsão electrostática tem por base a dissociação do agente dispersante e consequente transferência de carga para a superfície da partícula do pigmento, criando uma dupla camada elétrica. As partículas de pigmento igualmente carregadas irão por repulsão electrostática reduzir a tendência para a floculação. Pelo que, é um mecanismo de grande importância em sistemas de elevada polaridade como as tintas de base aquosa. Os dispersantes mais utilizados são polifosfatos e poliacrilatos [32, 33].

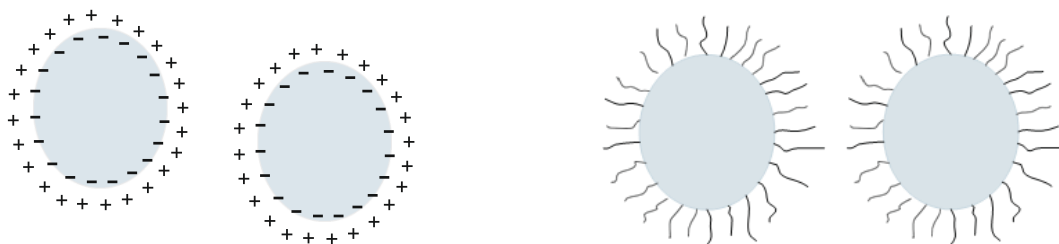


Figura 2.12 - Repulsão electrostática e impedimento estérico (à esquerda e direita, respetivamente).

No impedimento estérico são utilizados dispersantes que possuem duas estruturas, uma com afinidade para o pigmento e outra que possui cadeias compatíveis com os ligantes. Após adsorção do dispersante na superfície do pigmento, as cadeias alongam-se para o meio circundante, impedindo que as partículas de pigmento se aproximem umas das outras. Este tipo de mecanismo pode ser aplicado tanto num sistema de base aquosa como de base solvente [12, 33].

Os dispersantes que contêm grupos fenil ou naftil (anéis aromáticos) têm afinidade para as superfícies dos pigmentos orgânicos, enquanto dispersantes com grupos ácidos, como hidroxila, carbonila e carboxila têm maior afinidade para a superfície dos pigmentos inorgânicos [30, 34].

No entanto, a escolha do agente dispersante adequado não depende apenas do tipo de pigmento, depende também do tipo de ligante [35].

3. Materiais e Métodos

Para a realização desta investigação, foi necessário dividir o estudo em duas partes: a primeira está relacionada com a análise do comportamento de cada corante numa variada gama de produtos; a segunda com a análise do comportamento de um conjunto de cores em produtos de exterior, para averiguar a sua durabilidade e resposta quando expostas a um envelhecimento natural e artificial.

As tintas de diferentes gamas e setores de mercado que foram usadas encontram-se em Anexo na tabela A.1. Por questões de confidencialidade as 11 tintas analisadas serão aqui designadas por tinta A – K e na Tabela 3.1 encontra-se um apanhado das suas principais características.

Tabela 3.1 - Características gerais das tintas utilizadas

Produto	Tipo de produto	Utilização	Acabamento	Tipo de dispersão	PVC (%)
Tinta A	Tinta plástica	Fachadas	Ultra-mate	Estireno acrílica	20-50
Tinta B	Tinta plástica	Fachadas	Mate	Acrílica	20-50
Tinta C	Tinta plástica	Paredes interiores/ exteriores	Acetinado	Estireno acrílica	20-50
Tinta D	Tinta plástica	Paredes interiores/ exteriores	Ultra-mate	Acrílica	>50
Tinta E	Esmalte	Múltiplas aplicações de interior e exterior	Brilhante	Acrílica	<20
Tinta F	Esmalte	Múltiplas aplicações de interior e exterior	Acetinado	Acrílica	<20
Tinta G	Esmalte	Múltiplas aplicações de interior e exterior	Mate	Acrílica	20-50
Tinta H	Esmalte	Múltiplas aplicações de interior e exterior	Mate	Alquídica	20-50
Tinta I	Tinta plástica	Fachadas	Mate	Acrílica	20-50
Tinta J	Tinta plástica	Fachadas	Mate	Acrílica	20-50
Tinta K	Tinta plástica	Paredes interiores/ exteriores	Mate	Acrílica	>50

3.1. Influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem

Na primeira parte, foram utilizadas as tintas de A a H nas formas de base branca e transparente, com exceção da tinta D que por falta de base transparente se utilizou a base intermédia, sendo no total estudadas 16 bases de tintagem. Para cada tipo de base de tintagem foi adicionada uma diferente percentagem de corante, motivo que está inteiramente relacionado com a existência ou não do pigmento dióxido de titânio na sua constituição. A percentagem de corante utilizada nas bases brancas foi 1%, 3,5% na base intermédia e 5% nas bases transparentes.

No total foram analisados 13 corantes isoladamente, que se encontram em anexo na tabela A.2. A principal diferença entre eles encontra-se na sua natureza química e no facto de uns serem corantes universais e outros aquosos.

Os corantes aquosos baseiam-se numa seleção, na sua maioria, de pigmentos inorgânicos dispersos em meio aquoso. Permitem obter um elevado poder de cobertura e elevada durabilidade da cor e destinam-se exclusivamente à tintagem de produtos de base aquosa.

Os corantes universais têm na sua formulação uma seleção de pigmentos orgânicos e inorgânicos, oferecem uma excelente dispersão, uma cor consistente e permitem a tintagem de produtos de base aquosa ou solvente.

Por questões de confidencialidade os 13 corantes analisados serão aqui designados por uma letra U ou A, correspondendo a universal ou aquoso, seguido por um número de 1 a 13. Na Tabela 3.2 encontram-se as principais características diferenciadoras dos diferentes corantes estudados.

Tabela 3.2 - Características gerais dos corantes utilizados

Corantes	Cor	Tipo de pigmento	Natureza química
U1	Universal	Amarelo	Óxido de ferro
U2	Universal	Vermelho	Óxido de ferro
U3	Universal	Preto	Inorgânico
U4	Universal	Azul	Orgânico
U5	Universal	Verde	Orgânico
U6	Universal	Magenta	Orgânico
U7	Universal	Violeta	Orgânico
U8	Universal	Vermelho	Orgânico
U9	Universal	Laranja	Orgânico
A10	Aquoso	Amarelo	Inorgânico
A11	Aquoso	Vermelho	Orgânico
A12	Aquoso	Vermelho	Inorgânico
A13	Aquoso	Azul	Inorgânico

Como o objetivo é analisar a influência que estes corantes têm em vários produtos, para saber de que forma alteram as propriedades e qualidades dos mesmos e tendo por base a Tabela 2.4, foram estabelecidos diversos testes a realizar ao conjunto base + corante (tinta corada).

Antes de iniciar a sequência de testes, foram pesadas as bases de tintagem para latas de 400 ml e adicionada a percentagem de corante equivalente para cada uma.

Na Figura 3.1 encontra-se um breve resumo de todo o trabalho desenvolvido para cada corante.

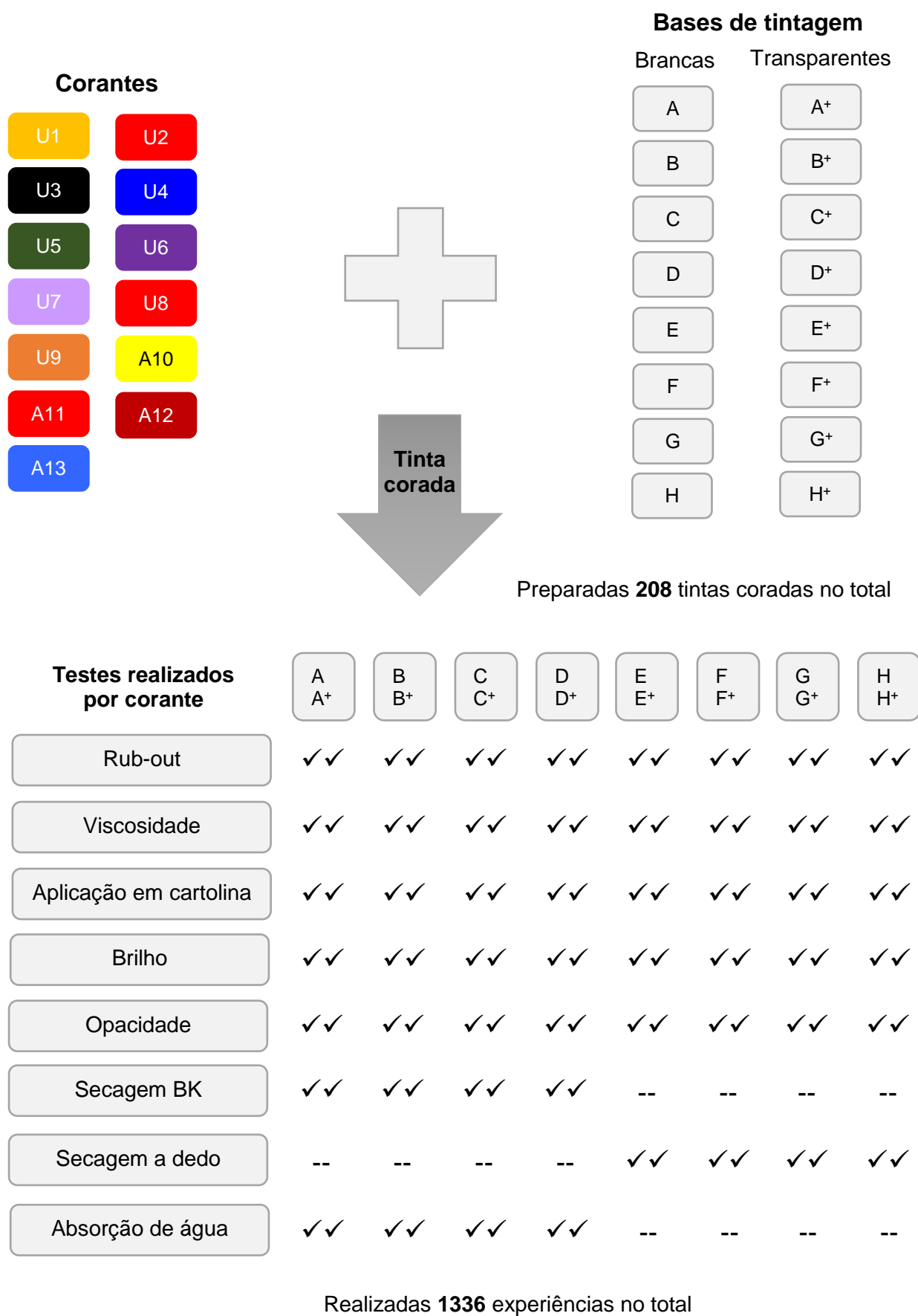


Figura 3.1 - Esquema resumo de todo o trabalho desenvolvido para cada corante

3.1.1. Compatibilidade dos corantes

Com o intuito de avaliar a compatibilidade dos corantes numa variada gama de produtos representativos, realizou-se o teste do *rub-out* para cada um dos 13 corantes estudados em cada uma das 16 bases. Este teste é realizado a nível laboratorial e permite verificar a compatibilidade dos corantes relativamente à base de tintagem e a tendência de floculação das partículas dos pigmentos.

Numa lata de 250 ml são pesadas 100g de base de tintagem juntamente com a respetiva percentagem de corante para cada uma. No misturador (Figura 3.2) a mistura obtida é agitada 3 minutos. Passado esse tempo, metade da mistura é colocada de parte e a restante é agitada mais 7 minutos. Numa cartolina branca de dimensões 25x14 cm, utilizando um aplicador de 150 μ m (Figura 3.3), a mistura agitada durante 3 minutos é aplicada do lado esquerdo e do lado direito aplicada a mistura agitada durante 10 minutos, de forma a que se sobreponham ligeiramente. No fim da cartolina e numa pequena área de filme húmido faz-se um *rub-out* de cada lado da aplicação e deixa-se secar *over night*.



Figura 3.2 – Misturador.

A base é compatível com o corante se não se observar, claramente, diferença na intensidade de cor entre as duas aplicações e os resultados do *rub-out* não evidenciarem diferenças de cor significativas entre as áreas friccionadas e não friccionadas. O contrário demonstra que as partículas dos pigmentos presentes no corante flocularam, o que se deve à instabilidade da própria dispersão do pigmento ou à possível incompatibilidade do corante e base de tintagem [14].

Para a análise de resultados foram considerados quatro cenários, que se encontram em exemplo na Figura 3.4:



Figura 3.3 - Aplicador de 150 μ m.

1. Não existe diferença na intensidade da cor – **OK**.
2. Existe apenas diferença na intensidade da cor entre a aplicação que foi agitada 3 minutos e a aplicação agitada 10 minutos – **tempos de agitação**.
3. Existe diferença na intensidade da cor no *rub-out*, ou seja, a área friccionada apresenta uma cor ligeiramente diferente da área não friccionada – **rub-out**.
4. Existe diferença na intensidade da cor tanto entre aplicação, como no *rub-out* – **ambos**.

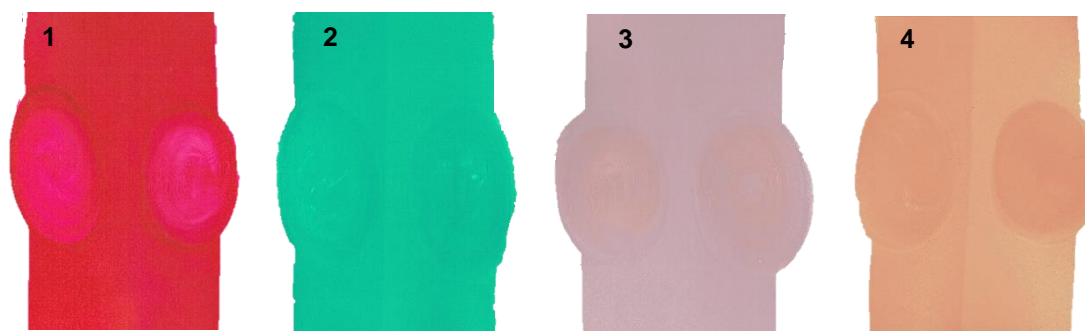


Figura 3.4 - Exemplos dos resultados obtidos no teste do *rub-out*.

Para avaliar a compatibilidade dos corantes de uma forma mais prática e visual, recorre-se à aplicação em cartolina. Permite avaliar se existe diferença de tonalidade quando a tinta é aplicada a rolo e a trincha. Para tal, é cortada uma cartolina branca de dimensões 25x35 cm. De seguida, são aplicadas na cartolina duas demãos da tinta, metade a rolo e a restante metade a trincha. Deixa-se secar *over night* e observa-se visualmente o resultado obtido.

Neste tipo de aplicação, verifica-se que existem dois tipos de resultados, que se encontram em exemplo na Figura 3.5:

1. Não existe diferença de tonalidade entre a aplicação a rolo e a trincha
2. Existe diferença de tonalidade entre aplicações.

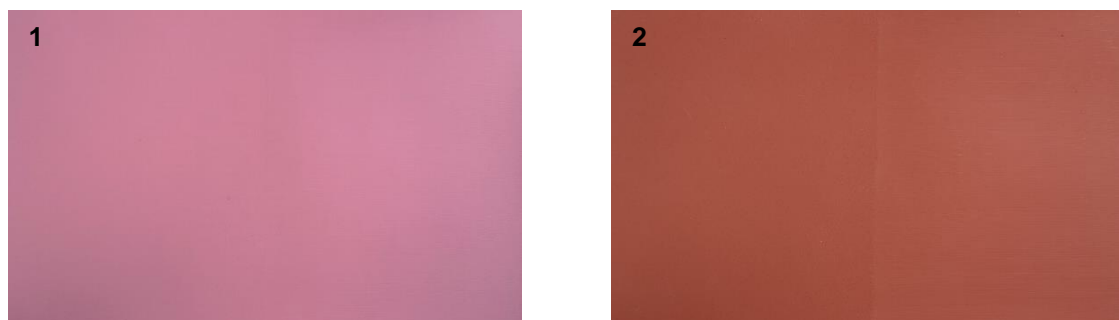


Figura 3.5 - Exemplo de resultados obtidos da aplicação em cartolina.

3.1.2. Viscosidade

Para avaliar a alteração da viscosidade de uma tinta corada, relativamente à viscosidade de uma base tintagem, foram determinadas as viscosidades Stormer de todas as tintas resultantes da adição dos 13 corantes a cada uma das 16 bases de tintagem. A viscosidade Stormer, determinada num viscosímetro de Stormer – Figura 3.6 – descreve a consistência de um material através da medição da massa necessária para manter uma hélice, em rotação a 200 rpm, imersa na tinta. A viscosidade determinada neste aparelho, vem expressa em unidades de Krebs (KU) [16].

Antes de mais, verifica-se se a tinta se encontra a 25°C, caso contrário, é necessário aquece-la ou arrefece-la. De seguida, é colocada a hélice no viscosímetro Stormer – Figura 3.6 – liga-se o aparelho e coloca-se a lata de tinta na plataforma. A hélice é submersa na tinta e quando estabilizado, regista-se o valor obtido.



Figura 3.6 - Viscosímetro Stormer (à esquerda) e hélice nele utilizada (à direita).

3.1.3. Brilho

A medição do brilho de uma película de tinta tem como objetivo determinar as suas propriedades refletoras. Dependendo do tipo de aplicação da tinta, assim se definem as várias categorias de graus de brilhos a que podem pertencer e o respetivo ângulo com que são medidos.

As tintas para fachadas e superfícies exteriores de edifícios têm por base as normas EN 1062 e NP 4505. As tintas aquosas lisas para paredes de interiores de edifícios são classificadas na norma NP 4378 e as tintas e vernizes para madeira exterior são referidas na norma EN 927. Na Tabela 3.3 resumem-se as categorias e os ângulos de medição distinguidos em cada uma das normas referidas anteriormente.

Tabela 3.3 - Classificação segundo o grau de brilho de vários tipos de tintas

Grau de brilho	Tintas para fachadas e betão	Tintas para paredes de interior e exterior	Tintas e vernizes para madeira exterior
Brilhante	>60 ub no ângulo 60°	>60 ub no ângulo 60°	>60 ub e <80 ub no ângulo 60°
Acetinado	<60 ub no ângulo 60° e >10 ub no ângulo 85°	>10 ub e <60 ub no ângulo 85°	>10 ub e <35 ub no Ângulo 60°
Mate	<10 ub no ângulo 85°	>5 ub e <10 ub no ângulo 85°	<10 ub no ângulo 60°
Mate Total	-	<5 ub no ângulo 85°	-

Para determinação do grau de brilho de uma tinta, coloca-se um vidro transparente de dimensões 19x12,5cm sobre o aplicador de filme automático (Figura 3.7). Utilizando um aplicador de 150µm (Figura 3.7), verte-se uma quantidade da amostra na ranhura do mesmo até que a superfície fique coberta. liga-se o aplicador de filme automático e dá-se início à aplicação. Deixa-se secar em ambiente controlado (temperatura e humidade constante) *over night*. Antes de realizar a leitura do brilho, é calibrado o aparelho de medição de brilho (Figura 3.8). Por fim são feitas medições (na longitudinal e transversal) em sítios diferentes do vidro e o ângulo de medição depende do tipo de tinta, Tinta A – D ângulo de 85° e Tinta E – H ângulo de 60°. O resultado final advém da média feita às medições em unidades de brilho (ub).

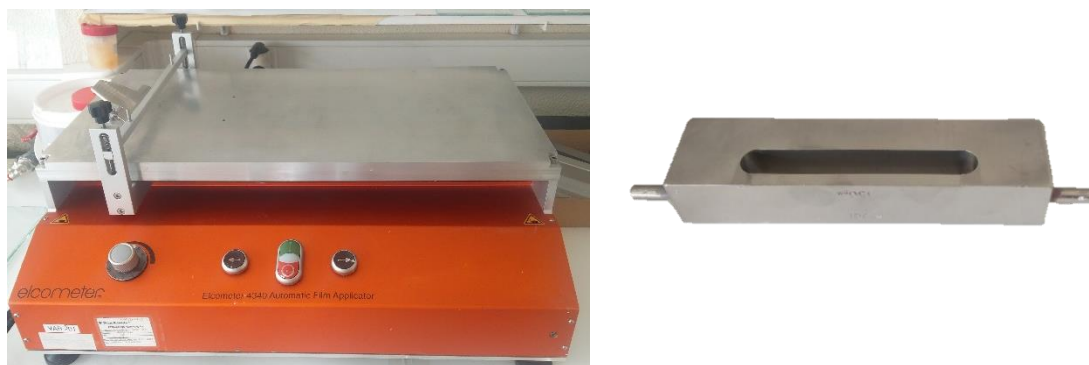


Figura 3.7 - Aplicador automático de filmes e aplicador de 100 / 150 µm (à esquerda e direita, respetivamente).



Figura 3.8 – Aparelho para medição de brilho (à esquerda) de um filme de tinta (à direita).

3.1.4. Opacidade

Para comprovar o efeito que os corantes têm na opacidade das tintas e de que forma isso influencia a aplicação real da mesma, foram determinadas as razões de contraste de cada filme de tinta corada, sobre uma carta de Morest (Figura 3.9), segundo procedimento interno.



Figura 3.9 - Aplicação em carta de Morest e espectrofotômetro (à esquerda e direita, respetivamente).

Utilizando novamente o aplicador de filme automático (Figura 3.7), posiciona-se uma carta de Morest e um aplicador de filme de 100 μm sobre o mesmo. Verte-se uma certa quantidade da amostra na ranhura do aplicador até que a superfície fique coberta. Liga-se o aplicador de filme automático e dá-se início à aplicação. Deixa-se secar em ambiente controlado (temperatura e humidade constante), *over night*. Depois de seca, coloca-se a carta de Morest no espectrofotômetro (Figura 3.9) e realiza-se a leitura sobre a zona preta e a zona branca. A razão de contraste obtida é dada em percentagem (%).

3.1.5. Secagem BK

A secagem no aparelho BK (Figura 3.10) feita segundo procedimento interno, permite em tintas plásticas, identificar dois tempos de secagem. O primeiro, refere-se ao tempo aberto (TA), altura em que a tinta está fresca, permitindo ainda uma boa trabalhabilidade. O segundo refere-se ao tempo de secagem (TS) em que a tinta se encontra em fase de secagem superficial.

Num vidro de dimensões 70 x 2,5 x 0,5cm é aplicada a tinta em estudo com um aplicador tipo “cubo” de 150 μ m (Figura 3.11). De imediato, o vidro é colocado no aparelho de secagem BK. Baixa-se o pêndulo sobre o vidro e coloca-se um peso cilíndrico em cima do pêndulo que se desloca à velocidade de 1cm/minuto. O teste tem a duração de uma hora e terminado o mesmo, analisa-se o tempo aberto e o tempo de secagem (Figura 3.12).



Figura 3.10 – Aparelho BK



Figura 3.11 - Aplicador tipo “cubo” de 150 μ m



Figura 3.12 - Exemplo de uma aplicação de secagem BK

3.1.6. Secagem a dedo

A secagem a dedo, aplicada em esmaltes segundo procedimento interno, permite identificar três tempos de secagem. O primeiro refere-se ao tempo sólido ao tato (ST) em que o filme de ensaio está sólido ao tato embora ainda apresente uma superfície pegajosa, já não deixa resíduos no dedo. O segundo refere-se ao tempo de secagem em superfície (SD), o filme é considerado seco ao tato quando não aderir mais ao dedo, não deixando marcas pronunciadas pelo dedo em cada observação. O último refere-se ao tempo de secagem em profundidade (HD) em que o filme é considerado seco em profundidade quando não houver despelamento, engelhamento ou outra evidência de distorção do filme quando se aperta o mesmo com o polegar exercendo a máxima força, rodando-o num ângulo de 90°.

Para observar as várias etapas e velocidades de formação de filme na secagem, é feita uma aplicação da tinta sobre um vidro com dimensões 10 x 18,5 cm, utilizando para tal, um aplicador de 100 μ m (Figura 3.13). Ao longo do tempo registadas as diferentes etapas de secagem.



Figura 3.13 - Aplicador de 100 µm (à esquerda) usado na aplicação para a secagem a dedo (à direita)

3.1.7. Absorção de água

Uma tinta para exterior deve apresentar uma absorção de água o mais baixa possível, dada a sua formulação, mas por outro lado deve ser permeável ao vapor de água para que o substrato seque rapidamente caso seja molhado, como referido no capítulo 2.

A determinação do grau de absorção de água de um filme de tinta de base aquosa destinada a aplicações em paredes de exterior é feita segundo procedimento interno.

Começa-se por cortar um melinex de dimensões 15x10cm. De seguida, é pesado e regista-se o valor (PM). Com um aplicador de 400µm (Figura 3.14), aplica-se a tinta sobre o melinex e deixa-se secar durante 3 dias. Para cada tinta em estudo, a aplicação é feita em duplicado. Passados os 3 dias, o conjunto é pesado novamente e regista-se esse valor (PT). Num recipiente com água, introduz-se o conjunto de modo a ficar completamente submerso. Após 24 horas, retira-se o conjunto do recipiente e seca-se a superfície com papel absorvente. Por último, pesa-se o conjunto e regista-se esse valor (PF). Recorrendo à equação 3.1 calcula-se a percentagem de água absorvida pelo filme de tinta.

$$\text{Absorção de água (\%)} = \frac{(PF - PM) - (PT - PM)}{(PT - PM)} \times 100 \quad (3.1)$$

Sendo que:

PM – peso do melinex em gramas (g).

PT – peso do melinex em gramas (g), depois de aplicado o filme de tinta.

PF – peso final do melinex em gramas (g), depois de submerso 24 horas em água.



Figura 3.14 – Filme de tinta depois de submerso em água e aplicador de 400 µm (à esquerda e direita, respetivamente).

3.2. Durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior

Na segunda parte, foram utilizadas as tintas A, B, C, D, I, J, K e nelas estudadas 6 cores para avaliar a sua resistência à alteração de cor, por observação visual e medição das coordenadas cromáticas – de acordo com a norma ISO 7724 – ao longo do tempo de exposição em condições de envelhecimento natural e artificial. As 6 cores são apresentadas na Tabela 3.4 e a sua escolha tem por base a norma NP 4505.

Tabela 3.4 - Cores estudadas em produtos de exterior

RAL 1014 Bege	RAL 2002 Vermelho	RAL 2009 Laranja	RAL 3015 Rosa	RAL 5017 Azul	RAL 6021 Verde
-------------------------	-----------------------------	----------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------

A reprodução de cada uma destas cores é feita recorrendo a diferentes tipos de bases de tintagem. Sendo utilizada a base branca para a RAL 1014, a base intermédia para a RAL 3015 e RAL 6021 e a base transparente para a RAL 2002, RAL 2009 e RAL 5017. Por esta mesma razão, não foi possível reproduzir estas cores em todas as tintas utilizadas. Na Tabela 3.5 apresenta-se um resumo da identificação das tintas e quais as cores conseguidas em cada uma, perfazendo um total de 36 tintas.

Tabela 3.5 - Identificação por cor das tintas testadas

	Tinta A	Tinta B	Tinta C	Tinta D	Tinta I	Tinta J	Tinta K
RAL 1014	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RAL 2002	✓	✓	✓	–	✓	–	–
RAL 2009	✓	✓	✓	–	–	✓	✓
RAL 3015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RAL 5017	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓
RAL 6021	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

O envelhecimento natural decorrerá no parque de exposição da Robbialac, em Lisboa, durante 2 anos.

O envelhecimento artificial acelerado foi realizado por exposição em duas câmaras de envelhecimento distintas, cada uma com condições de exposição diferentes. Uma inclui a influência da água e da radiação UV enquanto a outra simula apenas a radiação UV:

- Câmara Solar Box – exposição segundo procedimento interno, à radiação de lâmpadas de Xénon e filtros UV durante 200h de forma contínua.
- Câmara QUV – exposição de acordo com a NP EN ISO 11507:2011, método A, ciclo H, com lâmpadas UV fluorescentes (UVA-340) durante 1000h.

3.2.1. Envelhecimento natural

O envelhecimento natural é o método mais fiável de avaliar a durabilidade dos produtos ou esquemas de pintura para aplicações de exterior. Baseia-se essencialmente na aplicação do produto num determinado substrato, semelhante ao seu fim de aplicação e posterior exposição em condições atmosféricas, idealmente semelhantes às condições a que é sujeito ao longo da sua utilização. Tem a duração de 2 anos e ao fim de 3, 6, 12, 18 e 24 meses de exposição é feita uma observação visual e determinação das coordenadas cromáticas. Na observação visual avalia-se a evolução do brilho, da cor e o possível aparecimento de defeitos como, embolhamento, rachamento, esfarelamento,

despелamento, retenção de poeiras, corrosão e aparecimento de fungos. O método utilizado para a realização deste ensaio encontra-se esquematizado na Figura 3.15 e é realizado segundo procedimento Interno.

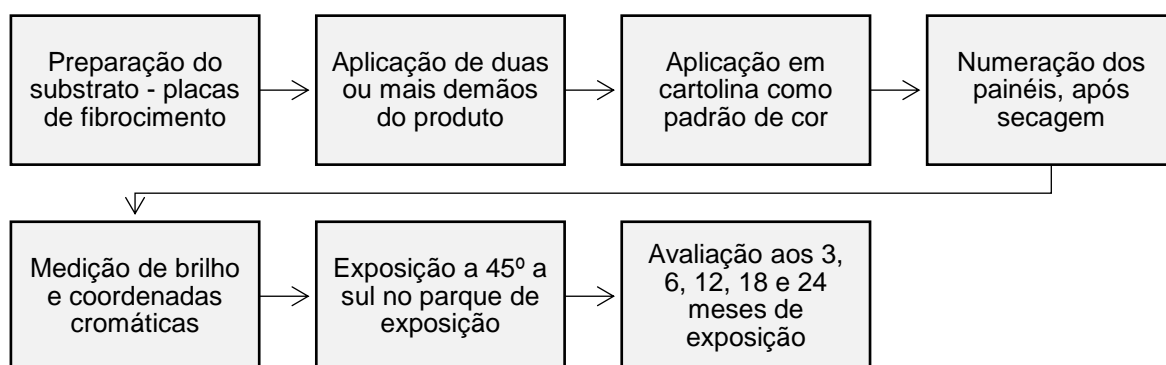


Figura 3.15 - Método de ensaio para a realização do envelhecimento natural.

No total foram preparados 36 painéis de exposição – Figura 3.16 – e foram colocados em exposição em Maio de 2018.



Figura 3.16 - Painéis expostos no parque de exposição da empresa.

Como alternativa ao ensaio de envelhecimento natural surgem ensaios de laboratório normalizados, que pretendem simular de forma acelerada, a exposição a condições ambientais como a temperatura, a humidade e a radiação UV, num período de tempo inferior, comparativamente ao envelhecimento natural. São exemplos as câmaras de QUV e Solar Box, usadas no decorrer deste estudo.

3.2.2. Envelhecimento artificial – Solar Box

É um ensaio de envelhecimento acelerado que pretende avaliar as alterações de cor de uma película de tinta, quando sujeita apenas à simulação de luz solar, utilizando uma combinação de lâmpadas de Xénon e filtros UV reunidas num aparelho, o Solar Box.

A exposição à radiação é feita de forma contínua, durante 200h e ao fim de 100h é feita uma avaliação visual da cor e medição das coordenadas cromáticas no espectrofotómetro (Figura 3.9).

O método utilizado para a realização deste ensaio encontra-se esquematizado na Figura 3.17 e é realizado segundo procedimento interno.

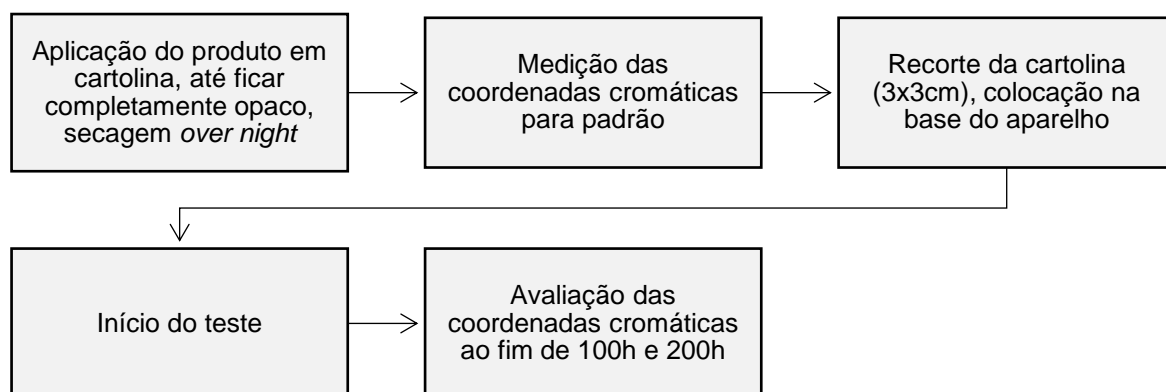


Figura 3.17 - Método de ensaio para a realização do envelhecimento acelerado na câmara Solar Box.

Por se tratarem de 36 aplicações e não existir espaço suficiente para realizar o ensaio de uma só vez, foram realizadas duas séries. Numa primeira foram testados os produtos referentes às cores RAL 1014, RAL 2002, RAL 3015, RAL 5017 e RAL 6021, restando os produtos da cor RAL 2009 para a segunda série – Figura 3.18.



Figura 3.18 - Aplicações utilizadas na primeira e segunda série (à esquerda e direita, respetivamente).

3.2.3. Envelhecimento artificial – QUV

Trata-se de mais um ensaio de envelhecimento acelerado, que pretende avaliar a resistência dos revestimentos quando submetidos a radiação UV e a elevadas temperaturas na presença de humidade. Num equipamento que para tal, contém lâmpadas UV fluorescentes e simula a condensação de água. Permite não só avaliar a alteração da cor e brilho do revestimento como a formação de possíveis defeitos visualmente observáveis, tais como, exfoliação, fissuração, pulverulência, descamação e empolamento.

O ensaio decorre de forma contínua, durante 1000h, com ciclos intercalados de 4h, de UV a 60° e de condensação a 50°C. Ao fim de 200h, 400h, 600h, 800h e 1000h é feita uma observação visual, para avaliar o aparecimento dos possíveis defeitos anteriormente referidos e determinação das

coordenadas cromáticas. O método utilizado para a realização deste ensaio encontra-se esquematizado na Figura 3.19 e é realizado segundo a Norma NP EN ISO 11507:2011.

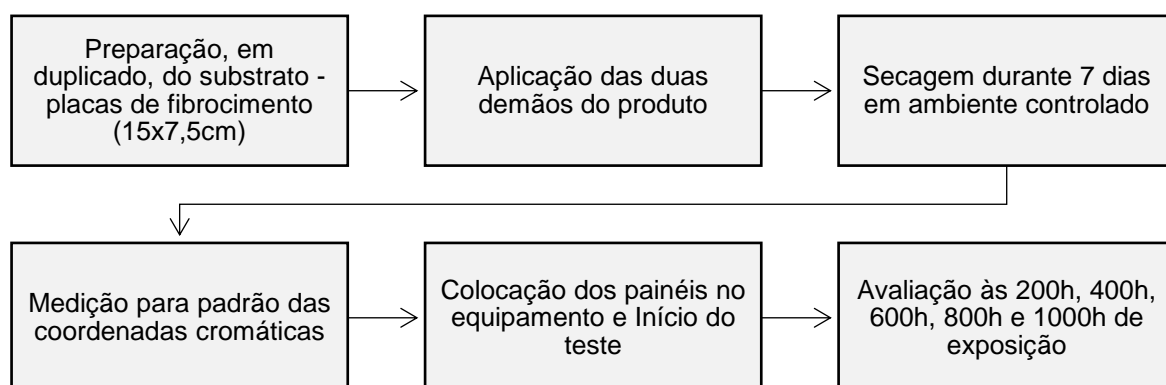


Figura 3.19 - Método de ensaio para a realização do envelhecimento acelerado na câmara QUV.

No total foram preparados 72 painéis e o espaço disponível no equipamento (Figura 3.20) não foi suficiente para realizar o ensaio de uma só vez. Por isso mesmo, foram realizadas duas séries, numa primeira foram testados os produtos referentes às cores RAL 1014, RAL 2002, RAL 3015 e RAL 5017 restando os produtos das cores RAL 2009 e RAL 6021 para a segunda série.



Figura 3.20 - Aparelho de envelhecimento artificial QUV.

4. Apresentação e discussão dos resultados obtidos

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados referentes aos dois estudos em questão e encontram-se de forma detalhada nos Anexos de B e C. Começando pela influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem, nomeadamente na compatibilidade, viscosidade, brilho, opacidade, tempos de secagem e absorção de água. Terminando na avaliação da durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior, analisando os resultados do envelhecimento natural e artificial num conjunto de cores.

4.1. Influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem

4.1.1. Compatibilidade dos corantes

Para avaliar a compatibilidade dos corantes numa respetiva base de tintagem realizou-se o teste do *rub-out*, que permite verificar a influência que diferentes tensões de corte têm na aceitação de cor. Com a variação destes fatores pretende-se analisar o comportamento da tinta quando sujeito às diferentes variantes inerentes à sua aplicação, até porque uma tinta antes de ser aplicada, pode ser mais ou menos agitada e a pressão aplicada no momento da aplicação, difere dependendo se esta é feita a rolo ou a trincha. Contudo, em todas as condições de operação é fundamental garantir a compatibilidade dos corantes nas bases de tintagem. Dada a importância dos seus resultados, este teste faz parte de qualquer processo de controlo de qualidade para aprovação dos corantes.

Na Tabela 4.1 apresentam-se os resultados obtidos para o teste do *rub-out*, sendo estes apresentados em quatro cenários como descrito no capítulo anterior e em legenda. A Figura 4.1 mostra alguns exemplos dos três cenários de diferenças de tonalidade observados.

Verifica-se que existem duas situações que representam problemas de compatibilidade mais preocupantes, uma a nível de corantes e outra a nível de produtos. É notório que o corante A12 é o corante a ser considerado como o mais crítico, por apresentar problemas de aceitação em vários produtos de diferentes gamas. O mesmo se verifica para Tinta H na base branca que, pelo contrário, apresenta problemas de aceitação em todos os corantes estudados. Num panorama de problemas de aceitação mais esporádicos, realçam-se os corantes U6, U7 e o U9 e a tinta D tanto na base branca como na base transparente.

Para avaliar a compatibilidade dos corantes de uma forma mais prática e visual, recorre-se à aplicação em cartolina, metade aplicada a rolo e a outra metade a trincha. O resultado deste tipo de aplicação assemelha-se ao resultado da aplicação real da tinta em grandes superfícies, como é o caso da aplicação em paredes, que é feita na sua maioria a rolo e para pequenos acertos, como cantos ou arestas, é usada a trincha. Deste modo, pretende-se que exista uma uniformidade da cor e não se verifiquem diferenças de tonalidades, quer esta seja aplicada a rolo ou a trincha.

Na Tabela 4.2 apresentam-se os resultados obtidos da aplicação em cartolina de cada corante em cada base de tintagem, sendo classificados em dois cenários como descrito no capítulo anterior e em legenda. A Figura 4.2 mostra alguns exemplos de diferenças de tonalidades observadas.

Caraterização da influência dos corantes nas propriedades físicas das tintas e durabilidade de cor

Tabela 4.1 - Resultados da compatibilidade dos corantes estudados nas diversas bases de tintagem.

		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12	A13
Base Branca	Tinta A													
	Tinta B													
	Tinta C													
	Tinta D													
	Tinta E													
	Tinta F													
	Tinta G													
	Tinta H													
Base Transparente	Tinta A													
	Tinta B													
	Tinta C													
	Tinta D													
	Tinta E													
	Tinta F													
	Tinta G													
	Tinta H													

Legenda:

	OK
	Diferença de tonalidade nos tempos de agitação
	Diferença de tonalidade no <i>rub-out</i>
	Diferença de tonalidade em ambos

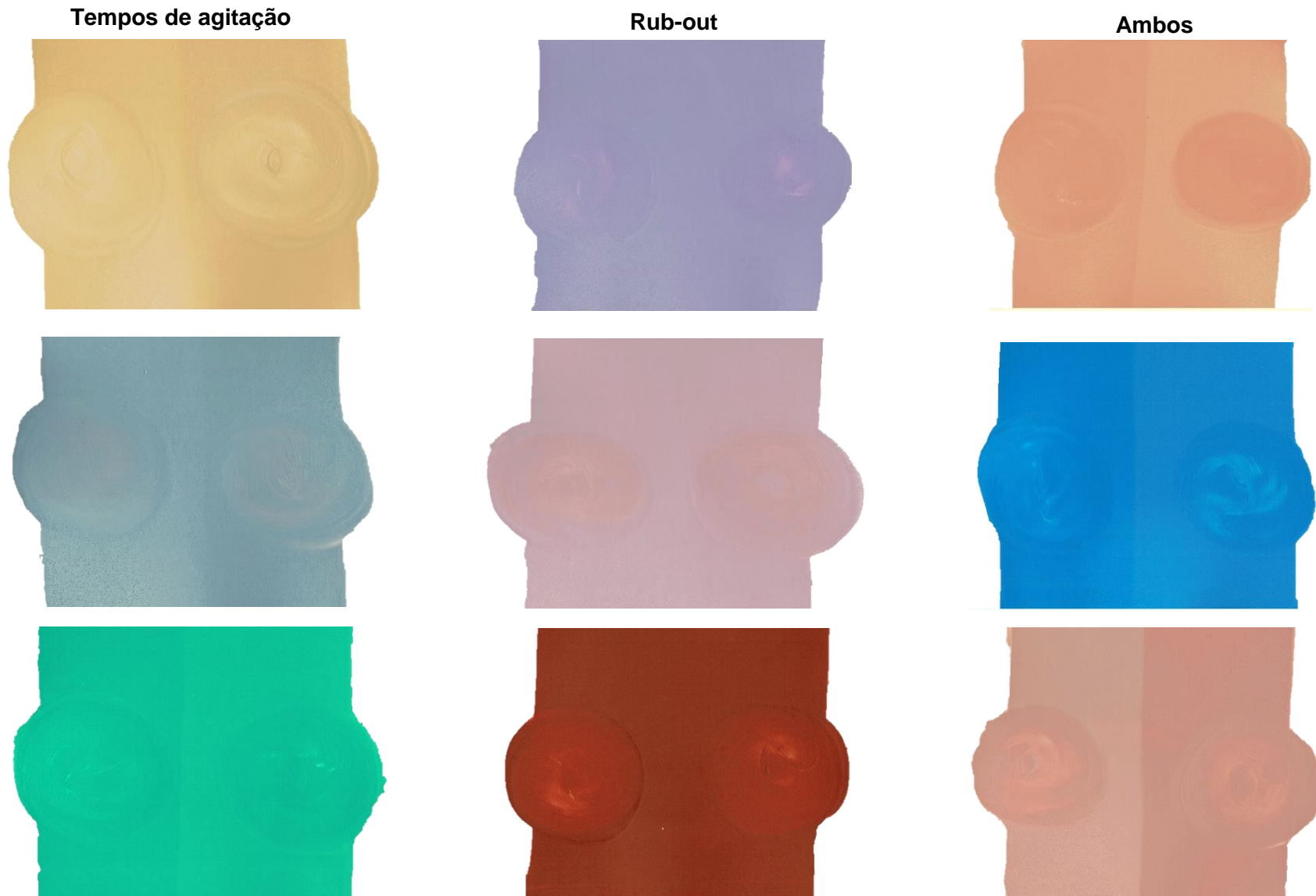


Figura 4.1 - Exemplos de diferenças de tonalidade observadas no teste do rub-out.

Nestes ensaios verifica-se que a tinta D tanto na base branca como na base transparente, apresenta diferenças de tonalidade nos dois métodos de aplicação, em diversos corantes. Sendo este um sinal de incompatibilidade dos mesmos. Para além disto, confirma novamente a existência de irregularidades na compatibilidade do corante A12 em vários produtos.

O teste do rub-out e a aplicação em cartolina, são testes que se complementam e em conjunto os seus resultados vêm esclarecer e prevenir possíveis reclamações no mercado. A solução para resolver os problemas de compatibilidade encontrados, passa por alterar os molhantes e dispersantes dos produtos mais críticos, visto que a incompatibilidade de corantes se relaciona com a ineficiente dispersão dos pigmentos. Para tal é fundamental melhorar este processo, alterando os seus principais intervenientes. Idealmente pretende-se que a alteração dos molhantes e dispersantes não afete as compatibilidades já existentes com outros corantes, pelo que é essencial que haja um equilíbrio entre as melhorias e desvantagens que esta alteração acarrete. Feita a reformulação dos produtos segue-se a realização dos testes de *rub-out* e aplicações em cartolina, com os respetivos resultados retiram-se conclusões acerca das alterações feitas e qual seria a combinação mais vantajosa de dispersantes e molhantes.

4.1.2. Viscosidade

De um modo geral, é de esperar que a adição de um corante a uma base de tintagem promova uma alteração da viscosidade do conjunto. Isto quando comparada com a viscosidade da base de tintagem por si só, pelo facto de serem produtos de diferentes constituintes e propriedades.

No entanto, uma tinta enquanto produto final não pode ter uma viscosidade demasiado alta, porque dificultaria a sua aplicação, independentemente de ser feita a trincha, rolo ou pistola. Nem ter viscosidade demasiado baixa, porque levaria à formação de escorridos, salpicos e até a problemas de opacidade, por ser demasiado espalhada no momento da aplicação.

Deste modo, é fundamental analisar o efeito que os corantes desempenham na viscosidade da tinta enquanto produto final, para garantir que se mantém o equilíbrio necessário para garantir a qualidade da tinta durante a sua aplicação.

Na Figura 4.3 encontram-se os resultados obtidos, divididos pelo tipo de base de tintagem. O intervalo a sombreado representa os limites de aprovação para cada produto. Em cada um é apresentada a viscosidade da base sem qualquer tipo de corante e ainda, a viscosidade obtida quando misturada a base de tintagem com cada um dos 13 corantes em estudo. Para cada produto foram calculadas a viscosidade média \bar{X} e o respetivo desvio padrão σ – Tabela 4.3.

Observou-se que a viscosidade da maioria das bases de tintagem dos produtos analisados se encontra ligeiramente acima dos limites de aprovação. Isto porque, com o tempo de armazenagem a viscosidade de uma tinta tem a tendência a aumentar, facto que se deve ao comportamento tixotrópico geralmente apresentado pelas tintas, como referido no capítulo 2.

Tabela 4.2 - Resultados da aplicação em cartolina

		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12
Base Branca	Tinta A												
	Tinta B												
	Tinta C												
	Tinta D												
	Tinta E												
	Tinta F												
	Tinta G												
	Tinta H												
Base Intermédia e Transparente	Tinta A												
	Tinta B												
	Tinta C												
	Tinta D												
	Tinta E												
	Tinta F												
	Tinta G												
	Tinta H												

Legenda:

	OK
	Diferença de tonalidade



Figura 4.2 - Exemplos de diferenças de tonalidade observadas na aplicação em cartolina.

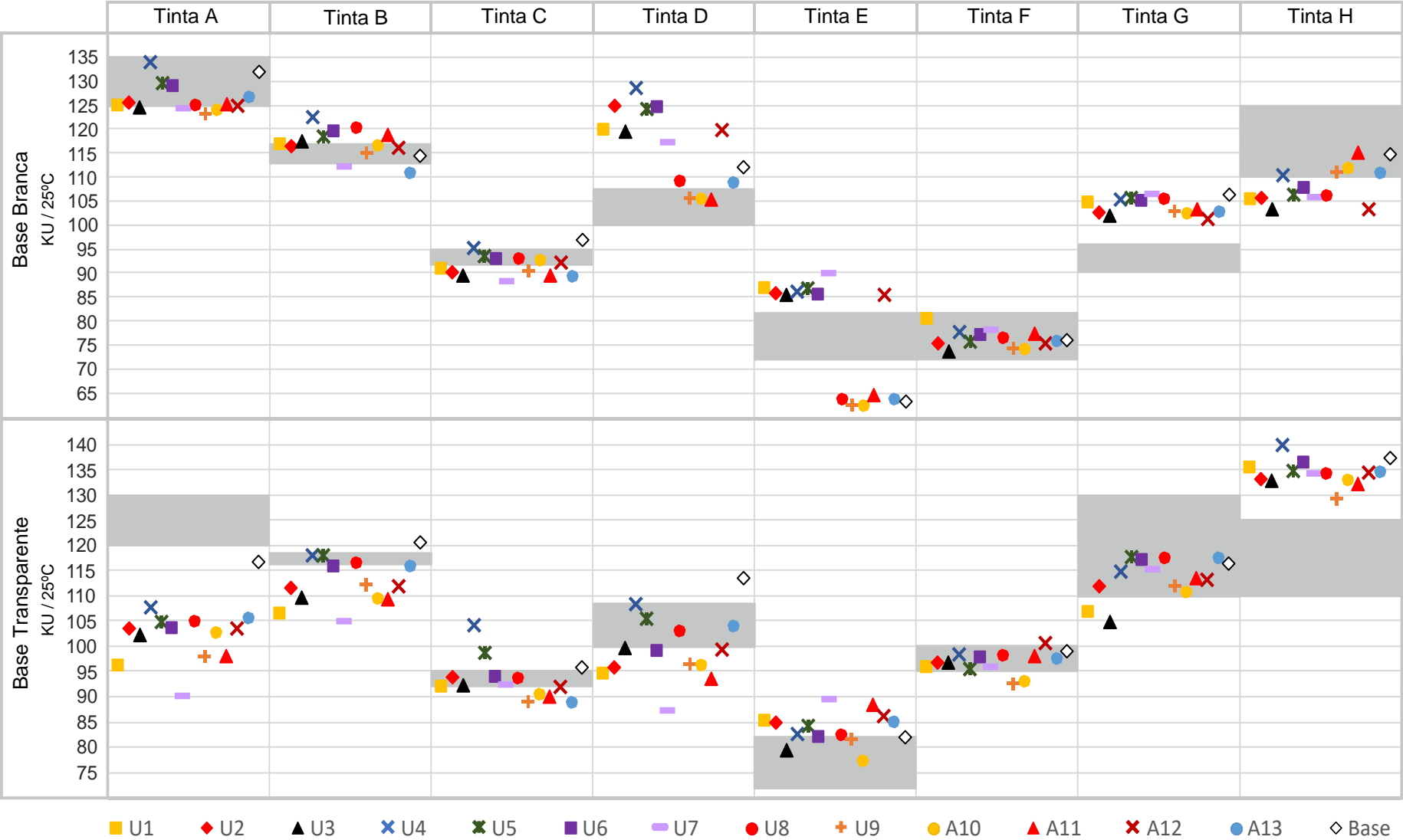


Figura 4.3 - Resultados Viscosidade Stormer.

Tabela 4.3 – Viscosidade média \bar{X} (KU) e desvio padrão σ para cada produto

		Tinta A	Tinta B	Tinta C	Tinta D	Tinta E	Tinta F	Tinta G	Tinta H
Base Branca	\bar{X}	126,6	116,8	91,8	116,1	76,6	76,3	104,0	108,4
	σ	3,1	3,0	2,4	7,8	11,5	1,7	1,6	3,8
Base Transparente	\bar{X}	102,7	112,9	93,4	99,8	83,6	96,9	113,6	134,5
	σ	5,9	4,6	3,9	6,5	3,1	2,1	3,9	2,4

Normalmente alterações na viscosidade da tinta corada na ordem dos de 20-30 KU não influenciam negativamente a sua aplicação nem alteram as suas propriedades.

Por esta razão, produtos como as tintas D, E e G na base branca e as tintas A e H na base transparente, mesmo apresentando viscosidades fora do limite de aprovação, encontram-se dentro dos limites ainda aceitáveis para que a facilidade de aplicação se mantenha.

Na maioria dos produtos, é notório que a viscosidade da base de tintagem é superior à viscosidade da base quando lhe é adicionado qualquer um dos corantes em estudo, exceto nas tintas B e D na base branca e a tinta E em ambas as bases, em que a adição de corantes promove a subida da viscosidade do produto final.

Focando o comportamento de um corante em específico nas várias tintas, verifica-se que o mesmo corante, apresenta um comportamento diferente nos vários produtos. Tanto pode conduzir a viscosidades mais elevadas quando comparado com os restantes corantes, como pode conduzir a viscosidades mais baixas. O mesmo se comprova pela dispersão de resultados existente nos vários produtos para os vários corantes (tabela 4.3). Se a influência dos corantes fosse sempre a mesma, não existiriam desvios padrão tão elevados como os que se verificam, por exemplo, nas tintas D e E na base branca e nas tintas A e D na base transparente e intermédia, respetivamente.

Deste modo, não se verifica um comportamento padrão relativamente à evolução da viscosidade assim que é misturado um corante à base de tintagem, uma vez que, estão em análise produtos de diferentes naturezas e constituições e cada corante apresenta um comportamento diferente em cada um deles.

4.1.3. Brilho

Um dos principais critérios para classificar e agrupar as tintas é o grau de brilho. Representa uma característica fundamental no que toca ao efeito visual, que se pretende obter no acabamento de um revestimento, seja ele brilhante, acetinado ou mate. Relaciona-se com o tipo de fim a que a tinta se destina, como referido no capítulo 2. Na sua grande maioria as tintas de fachadas são formuladas como tintas acetinadas ou tintas mates, já as tintas de interior e esmaltes são formuladas como tintas brilhantes, acetinadas e mates. As principais diferenças de formulação de cada tipo de tinta relacionam-se com o tipo de ligante, as quantidades de pigmentos e a cargas e as respetivas proporções usadas. Sendo que, quanto mais brilhante for a tinta, menor o PVC, ou seja, maior será a quantidade de ligante e mais baixa é a quantidade de cargas, como se pode ver pela Figura 2.5.

Para analisar a alteração provocada pela adição de corantes às bases de tintagem foram medidos em diferentes ângulos, dependendo do produto em questão como referido no capítulo 3, os respetivos graus de brilho. Na Figura 4.4 encontram-se os resultados obtidos, divididos pelo tipo de base de

tintagem, o intervalo a sombreado compreende o limite de classificação da categoria a que cada produto pertence. Para cada produto é apresentado o brilho da base sem qualquer tipo de corante, exceto a base transparente da Tinta E que apresenta um brilho >100 ub no ângulo de 60° , por ser uma base muito transparente, e o brilho quando misturada a base de tintagem com cada um dos 13 corantes. Para cada produto foram calculados o brilho médio \bar{X} e o desvio padrão σ – Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Brilho médio \bar{X} (ub) e desvio padrão σ para cada produto

		Tinta A	Tinta B	Tinta C	Tinta D	Tinta E	Tinta F	Tinta G	Tinta H
Base Branca	\bar{X}	1,74	3,35	12,53	1,57	69,42	22,50	3,40	6,21
	σ	0,16	0,21	1,62	0,17	5,16	1,25	0,33	2,42
Base Transparente	\bar{X}	1,50	1,52	6,93	1,43	82,49	25,80	4,78	6,04
	σ	0,22	0,20	0,83	0,14	12,95	3,02	0,61	0,45

Analisando a Figura 4.4 verifica-se que a adição de corantes às bases de tintagem classificadas como mate, não provoca alterações consideráveis no brilho do produto final, como se comprova pela dispersão de resultados inferior a um (Tabela 4.4).

Nos produtos acetinados e principalmente brilhantes, já se verificaram alterações no grau de brilho entre corantes. A variação do brilho nas bases brilhantes deve-se ao seu PVC mais baixo, apresentando quantidades de ligante mais elevadas dada a inexistência de cargas na sua constituição. Ao adicionar corante, adiciona-se pigmento e tendo por base a equação 2.9, o PVC aumenta e consequentemente altera-se o grau de brilho, ou seja, este diminui, como se pode verificar na Figura 2.5. Por esta razão, é natural que a adição de corante, constituído essencialmente por pigmentos, contribua para a alteração do grau de brilho e dependendo da distribuição e dos próprios tamanhos das partículas dos pigmentos, que a alteração seja mais ou menos acentuada.

Ainda assim, as alterações de brilho não são consideradas problemáticas porque os brilhos obtidos encontram-se dentro do limite de classificação da categoria de cada produto e visualmente não é perceptível este tipo de alteração.

4.1.4. Opacidade

A opacidade é uma característica que se pretende que uma tinta tenha, principalmente no que respeita à sua função decorativa, para que com a sua aplicação se consiga obliterar uma determinada superfície. Quanto menor for o poder de cobertura da tinta, em termos práticos, mais demãos são necessárias aplicar para que se consiga cobrir o substrato por completo. Consequentemente, menor será o rendimento da própria tinta, porque serão gastos mais litros da mesma por m^2 .

Como referido no capítulo 2, os pigmentos são usados na formulação de uma tinta para lhes conferir cor e opacidade. O dióxido de titânio é o pigmento inorgânico branco predileto e responsável por dar opacidade ao filme de tinta. Deve-se à sua capacidade de dispersão de luz, superior a todos os outros pigmentos brancos dado o seu elevado índice de refração.

Na Figura 4.5 encontram-se os resultados obtidos das opacidades de cada tinta corada, divididos pelo tipo de base de tintagem. Exclusivamente para este tratamento de resultados, a única tinta de base intermédia (tinta D) foi agrupada juntamente com as tintas de bases brancas, pela semelhança de resultados.

Caraterização da influência dos corantes nas propriedades físicas das tintas e durabilidade de cor

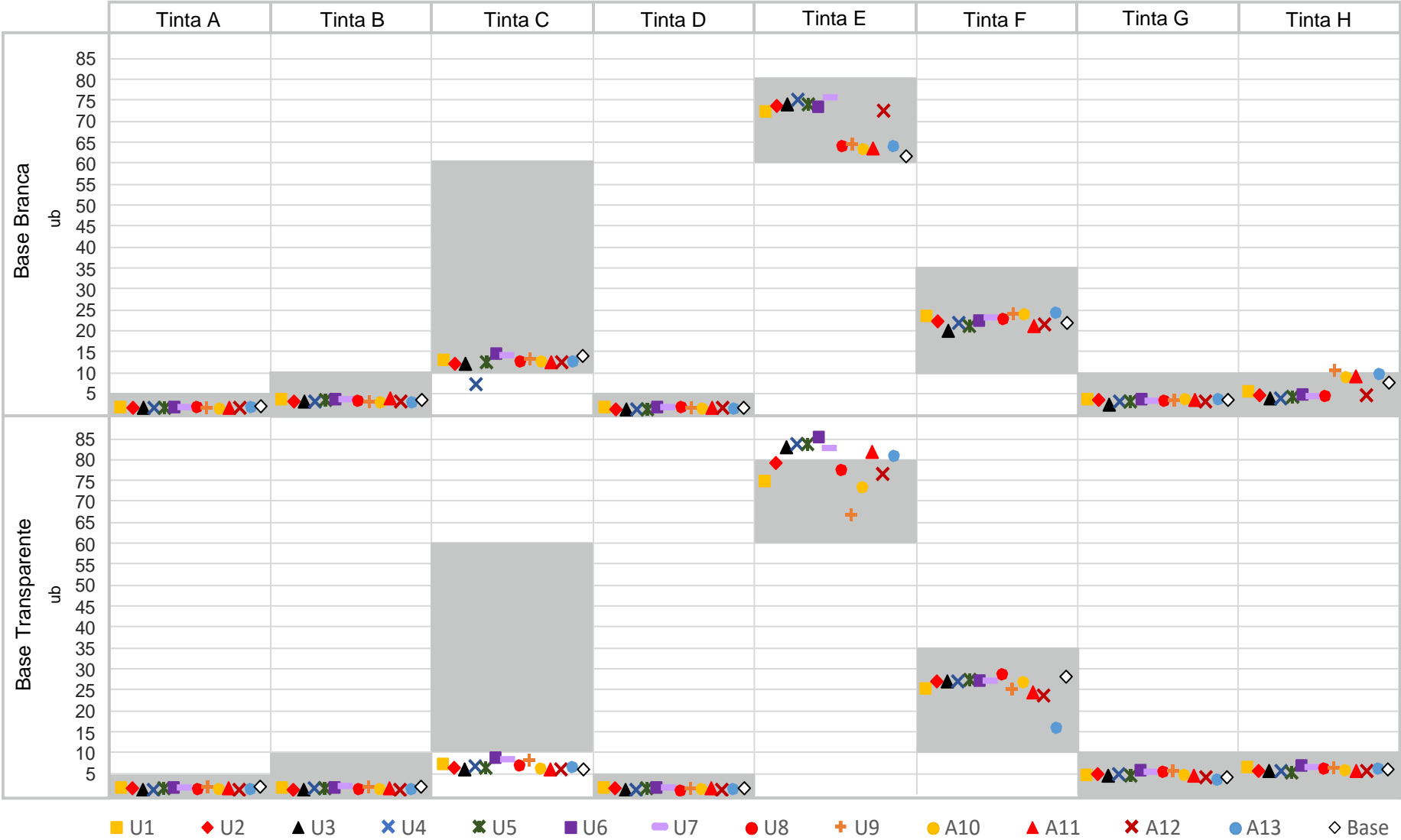


Figura 4.4 - Resultados Brilho, Tinta A-D <85° e Tinta E-H <60°

Para cada produto é apresentada a opacidade da base sem qualquer tipo de corante e a opacidade obtida quando misturada a base de tintagem com cada um dos corantes em estudo. Para cada produto foram calculados a opacidade média \bar{X} e o desvio padrão σ – Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Opacidade média \bar{X} (%) e o desvio padrão σ

		Tinta A	Tinta B	Tinta C	Tinta D	Tinta E	Tinta F	Tinta G	Tinta H
Base Branca	\bar{X}	96,72	97,14	96,31	97,71	96,12	95,63	96,37	95,75
	σ	3,10	2,63	3,15	2,21	3,54	3,59	3,09	3,29
Base Transparente	\bar{X}	69,20	73,05	79,79	96,85	53,10	58,92	62,97	66,56
	σ	19,72	17,45	13,80	3,30	24,07	22,04	21,25	21,57

Começando por comparar as opacidades das bases de tintagem, branca, intermédia e transparente sem qualquer tipo de corante, confirma-se que por si só, a presença de dióxido de titânio conduz a opacidades elevadas, acima dos 85%.

Quando é misturado um corante à base de tintagem a opacidade do produto final, será à partida sempre superior, como se pode comprovar pelos resultados obtidos.

Nas bases brancas e intermédias verifica-se que os corantes não aumentam uniformemente a opacidade do produto final. Contudo, é nas bases transparentes que se verifica claramente esse efeito, como se pode notar pela dispersão de resultados apresentada a Tabela 4.5.

É possível identificar que os corantes U1, U2, A12, U3 mesmo nas bases transparentes conduzem em todos os produtos, a elevadas opacidades. Comprovando que os pigmentos inorgânicos, de óxido de ferro e negro de fumo, devido ao seu elevado poder de dispersão da luz, apresentam geralmente elevadas opacidades, quando comparados com a maioria dos pigmentos orgânicos.

Verifica-se ainda que dada a natureza química do pigmento do qual é constituído o corante U7, que consta da Tabela 3.2 e se caracteriza no capítulo 2, é um pigmento de elevado poder tintor e é o pigmento orgânico que confere opacidades mais elevadas. Confirmando como já foi referido no capítulo 2, que hoje em dia, os fabricantes de corantes conseguem manipular a opacidade dos pigmentos de tal forma, que existem já pigmentos orgânicos que conferem boas opacidades.

Como o pior caso, destaca-se o corante A13 que mesmo contendo um pigmento inorgânico, confere opacidades mais baixas em todos os produtos, o que se deve à sua natureza química, que não sendo um óxido de ferro não confere opacidades elevadas.

Acontece muitas vezes entre pigmentos da mesma cor, uns terem mais opacidade que outros e isto deve-se às diferentes composições químicas, como servem de exemplo os corantes U2 e U8. Ambos vermelhos, mas pertencentes a famílias de pigmentos diferentes, conferem aos revestimentos aos quais são adicionados, diferentes opacidades.

4.1.5. Secagem

O tempo que uma tinta leva a secar por completo é um parâmetro essencial, principalmente na perspetiva de quem realiza a aplicação da mesma, porque lhe é importante saber o tempo necessário entre aplicação das várias demãos e o tempo de secagem para utilização ou manuseamento. Dependendo do tipo de tinta e a que fim se destina, variam os requisitos que a tinta deve cumprir em termos de secagem.

Caraterização da influência dos corantes nas propriedades físicas das tintas e durabilidade de cor

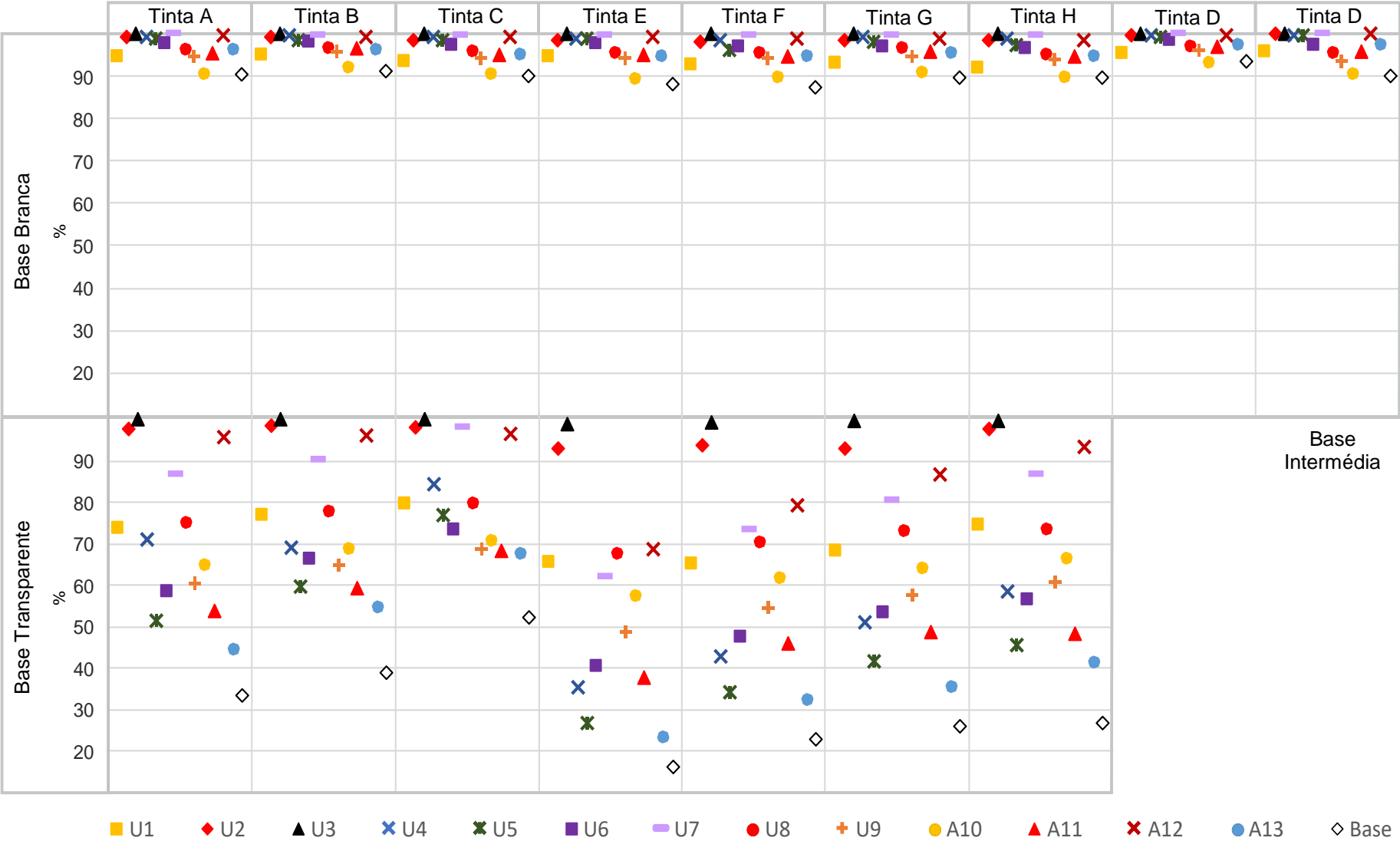


Figura 4.5 - Resultados Opacidade

As tintas plásticas de aplicação em paredes, seja de interior/exterior ou até mesmo de fachadas, dada a extensão da sua aplicação, é importante que tenham um tempo aberto considerável, em que a tinta está fresca e permite ainda boa trabalhabilidade. Permitindo obter uma boa lacagem, sem marcação de rolo ou trincha, uma aplicação visualmente o mais uniforme possível, sem deteção de irregularidades. Quer isto dizer, que ter um tempo aberto considerável em tintas plásticas é uma vantagem no momento de aplicação.

Já os esmaltes são produtos utilizados noutra tipo de aplicações e regra geral, são formulados com outro tipo de ligantes, diferentes dos utilizados em tintas plásticas. São produtos que por si só já apresentam um adequado tempo de trabalhabilidade, facto intrínseco ao seu elevado tempo de secagem comparativamente às tintas plásticas. Por esta razão, o importante é que o tempo de secagem total não seja consideravelmente superior quando lhe são adicionados corantes. Como acontece em certos esmaltes de base solvente, que em certas cores fortes, demoram mais tempo a secar do que o mesmo esmalte em branco e nesta situação é imprescindível dar a informação que o tempo de secagem é superior ao esperado.

Posto isto, é de grande importância verificar que tipo de comportamento a adição de corantes às bases de tintagem provoca no tempo de secagem.

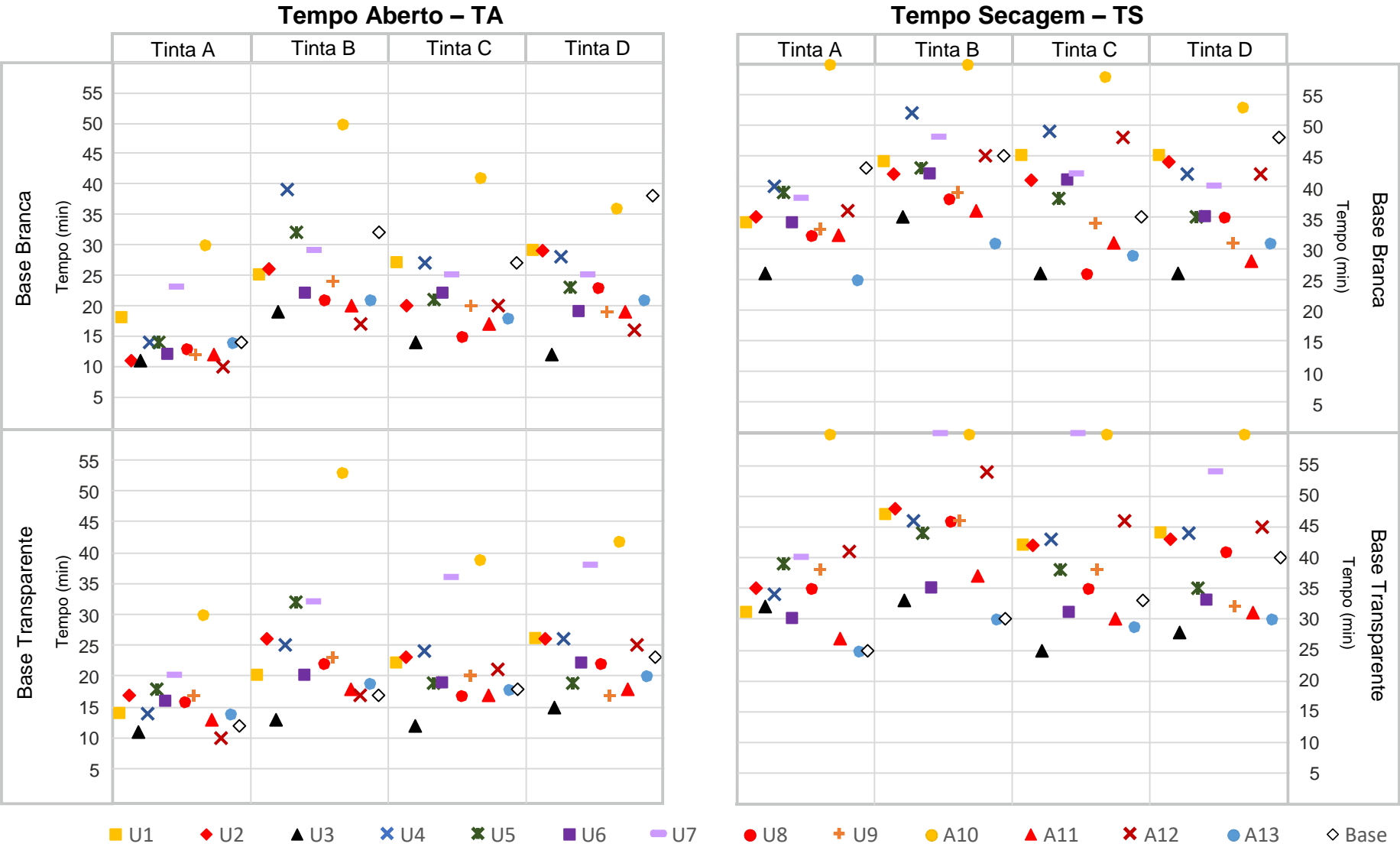
Na Figura 4.6 encontram-se os resultados obtidos para a secagem de tintas plásticas, secagem BK. Divididos pelo tipo de base de tintagem e pelos dois tempos de secagem, à esquerda encontram-se os resultados referentes ao tempo aberto (TA) e à direita ao tempo de secagem (TS). Para cada produto são apresentadas as fases de secagem, da base sem qualquer tipo de corante e da base quando adicionados cada um dos 13 corantes em estudo. Foram ainda calculados o tempo de secagem médio \bar{X} para cada produto e o respetivo desvio padrão σ – Tabela 4.6.

É de assinalar que de um modo geral, os corantes nas bases transparentes e na intermédia aumentam ligeiramente o tempo aberto do produto final, consequentemente conduzem a tempos de secagem total um pouco acima do que se verifica para a base de tintagem sem qualquer corante. Nas bases brancas verifica-se o contrário, os corantes diminuem ligeiramente o tempo aberto e por sinal o tempo de secagem total é também inferior.

Tabela 4.6 - Tempo de secagem médio de tintas plásticas \bar{X} (min) e desvio padrão σ

		Tinta A		Tinta B		Tinta C		Tinta D	
Base		TA	TS	TA	TS	TA	TS	TA	TS
Base Branca	\bar{X}	15	36	27	43	22	39	24	38
	σ	5	8	9	7	7	9	7	8
Base Transparente	\bar{X}	16	35	24	44	22	39	24	40
	σ	5	9	10	10	7	10	7	9

No entanto, as alterações observadas não são suficientes para representarem um problema, visto se encontrarem na ordem dos minutos como se verifica pela dispersão dos resultados (Tabela 4.6). O tempo de secagem máximo observado foi de 1h, encontrando-se de acordo com o previsto para este tipo de tintas. Por norma, têm 1 a 2 horas de tempo de secagem e entre demãos é aconselhado um intervalo de 2 a 4 horas dependendo do produto.



Na Figura 4.7 encontram-se os resultados obtidos para a secagem de esmaltes, secagem a dedo. Divididos pelo tipo de base de tintagem e pelos dois primeiros tempos de secagem, à esquerda encontram-se os resultados referentes ao tempo sólido ao tato (ST) e à direita ao tempo de secagem em superfície (SD). Para cada produto são apresentadas as fases de secagem, da base sem qualquer tipo de corante e da base quando adicionados cada um dos 13 corantes em estudo. Foram também calculados o tempo de secagem médio \bar{X} para cada produto e o desvio padrão σ – Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Tempo de secagem médio de esmaltes \bar{X} (min) e desvio padrão σ

		Tinta E		Tinta F		Tinta G		Tinta H	
		ST	SD	ST	SD	ST	SD	ST	SD
Base Branca	\bar{X}	29	34	22	28	20	25	31	36
	σ	6	6	7	6	7	7	7	7
Base Transparente	\bar{X}	20	25	20	25	21	26	30	36
	σ	5	5	6	6	5	5	7	7

Não foram representados graficamente os resultados do tempo de secagem em superfície, porque todos os produtos apresentaram secagens superiores a 8 horas independentemente do corante. Relativamente às duas primeiras fases da secagem, verifica-se que quando são adicionados corantes às bases de tintagem, o produto final demora menos tempo a atingir cada uma delas quando comparado com a base por si só.

De um modo geral, em esmaltes de base aquosa os corantes não provocam alterações significativas nos tempos de secagem, uma vez que as alterações que se verificam, na ordem dos minutos, são nas etapas de secagem intermédias. Em termos de secagem em profundidade, apresentaram secagens na ordem do especificado para este tipo de produtos. Geralmente têm um tempo de secagem ao tato de 1 a 3 horas e entre demãos é aconselhado um intervalo de 8h ou mais dependendo do produto.

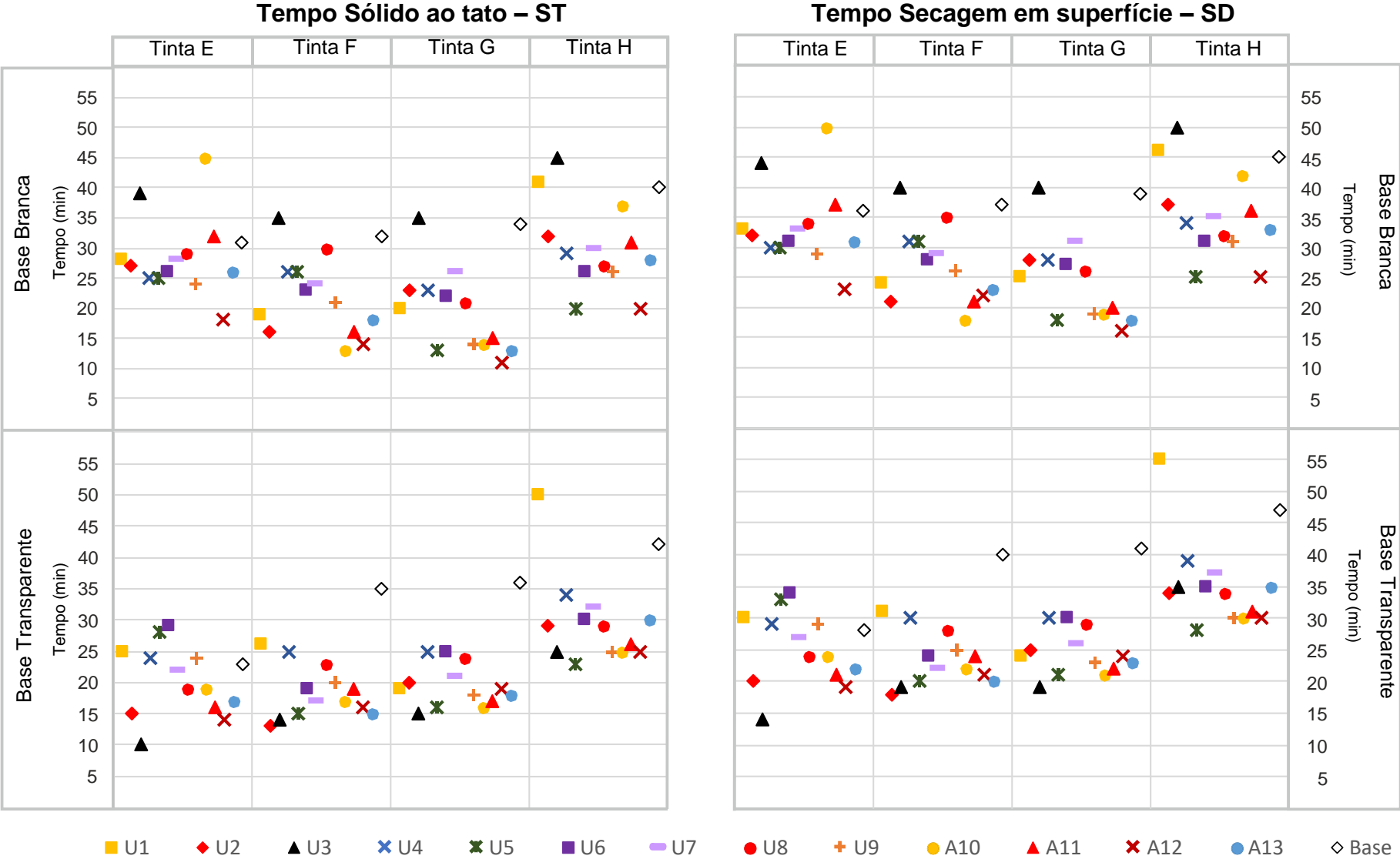
4.1.6. Absorção de água

Na Figura 4.8 encontram-se os resultados obtidos para a percentagem de absorção de água após a adição de cada corante, divididos pelo tipo de base de tintagem. Exclusivamente neste método de ensaio, não serão comparados os resultados obtidos para a base de tintagem por si só, com os resultados da adição de um corante às várias bases de tintagem. Para cada produto é apresentada a absorção de água quando misturada a base de tintagem com cada um dos corantes em estudo. Para cada produto foram calculadas a absorção de água média \bar{X} para cada produto e o desvio padrão σ – Tabela 4.8.

Analisando a dispersão de resultados (Tabela 4.8), verifica-se que de um modo geral, a adição de corantes às bases de tintagem não altera de forma significativa a absorção de água de cada produto.

Tabela 4.8 – Absorção de água média para tintas plásticas \bar{X} (%) e desvio padrão σ

		Tinta A	Tinta B	Tinta C	Tinta D
Base Branca	\bar{X}	20,5	21,1	21,8	24,7
	σ	2,0	1,6	1,3	0,9
Base Transparente	\bar{X}	38,6	21,1	19,7	24,7
	σ	3,7	1,7	1,3	0,8



Caraterização da influência dos corantes nas propriedades físicas das tintas e durabilidade de cor

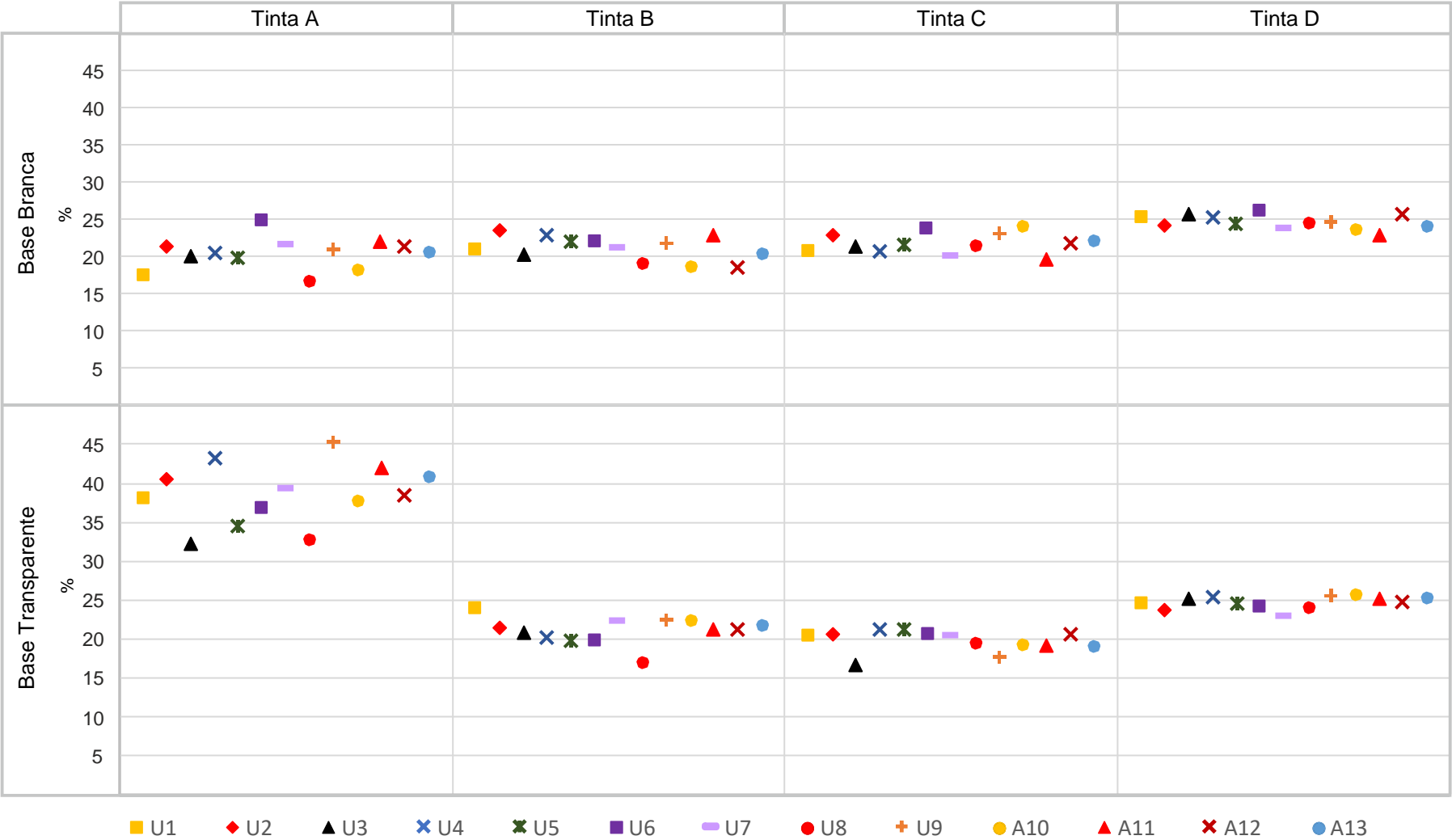


Figura 4.8 - Resultados Absorção de água.

Para perceber a dispersão de resultados obtidos para a tinta A na base transparente, foram comparados com um valor de absorção de água da base de tintagem por si só. Verificou-se que este se encontra próximo da absorção de água média obtida neste estudo. O que indica que a percentagem de água absorvida para este tipo de tinta vai ao encontro com o esperado pela sua formulação.

4.2. Durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior

Para avaliar a durabilidade das várias cores RAL numa variada gama de produtos de exterior, utilizaram-se três ensaios de envelhecimento, um natural e os restantes artificiais, Solar Box e QUV.

Para as cores RAL estudadas, apresentam-se na Tabela 4.9, os valores de ΔE^* máximos admitidos pela QUALICOAT após um ano de exposição natural na Florida com a tolerância de uma unidade.

A tolerância estabelecida resulta de um estudo realizado pelo LNEC, com o intuito de estabelecer requisitos mínimos e a possível metodologia para avaliar a resistência à alteração de cor de revestimentos por pintura coloridos para paredes de exterior de edifícios. O estudo baseou-se na observação visual, medição de coordenadas cromáticas e diferença de cor ao longo do tempo de exposição em condições de envelhecimento natural e artificial de diferentes produtos [36]. Os requisitos estabelecidos servem de especificação a cumprir na avaliação da resistência ao envelhecimento artificial acelerado e encontram-se na norma NP 4505.

Ao longo da análise de resultados, serão utilizadas as diferenças de cor máximas admitidas em cada cor, para comparar e analisar os resultados obtidos nos três testes de exposição realizados neste estudo.

Tabela 4.9 - ΔE^* máximo permitido para tintas coradas para paredes de exterior presentes na norma NP 4505.

Cor	ΔE^* máximo
RAL 1014	3,0 + 1
RAL 2002	8,0 + 1
RAL 2009	4,0 + 1
RAL 3015	3,0 + 1
RAL 5017	5,0 + 1
RAL 6021	4,0 + 1

A reprodução de cada uma das cores RAL tem por base a utilização de diferentes bases de tintagem. Na Tabela 4.10, apresentam-se para cada cor o tipo de base necessário utilizar para a sua reprodução.

Tabela 4.10 - Bases utilizadas para a reprodução de cada cor RAL

Cor	Base
RAL 1014	Branca
RAL 3015	Intermédia
RAL 6021	
RAL 2002	Transparente
RAL 2009	
RAL 5017	

A análise de resultados será feita segundo duas perspetivas: uma do ponto de vista da cor, sendo os vários produtos a variante; a segunda do ponto de vista do produto, sendo as várias cores a variante.

Como se pode ver na Tabela 4.9, cada cor RAL apresenta um limite máximo permitido para as diferenças de cor (ΔE^*) obtidas em envelhecimentos artificiais. Por esta razão, não faz muito sentido estabelecer comparações de diferenças de cor (ΔE^*) em diferentes cores RAL. Posto isto, ao longo de todos os resultados apresentados serão utilizadas diferentes escalas, para que se visualizem de forma perceptível, os diferentes comportamentos dos vários produtos, relativamente à alteração de cor registada e observada.

4.2.1. Envelhecimento artificial - Solar Box

Da exposição de 36 aplicações à radiação de lâmpadas Xénon com filtros UV na câmara Solar Box durante 200h foi avaliada a diferença de cor obtida, tanto a nível visual como por determinação das coordenadas cromáticas.

Começando por analisar os valores de diferença de cor (ΔE^*) apresentados na Figura 4.9, verifica-se que após 200h de envelhecimento, a cor RAL 2002 é a que apresenta menor diferença de cor, com $\Delta E^* < 1$ para todas as tintas em estudo. Seguindo-se a cor RAL 1014 que apresenta um $\Delta E^* < 1$ para todas as tintas exceto a tinta A com um ΔE^* de 1,35. De seguida, surge a cor RAL 3015 com $\Delta E^* < 1,5$ e a cor RAL 5017 com $\Delta E^* < 2$. Por último, as cores RAL 2009 e RAL 6021 exibem diferenças de cor mais acentuadas conforme a tinta em estudo, apresentando $\Delta E^* < 3,5$ no pior resultado.

Focando a análise para o mínimo e máximo ΔE^* obtido em cada cor, obtém-se a Tabela 4.11 e nela destacam-se as tintas que exibiram o melhor e o pior comportamento em cada cor. Aqui verifica-se que a cor RAL 6021 na tinta D apresenta o ΔE^* mais elevado de todas as tintas em todas as cores (3,14). Seguindo-se a RAL 2009 na tinta B (2,61). Ainda assim, comparando os resultados obtidos com a especificação a cumprir descrita na norma NP 4505 para envelhecimento artificial acelerado, verifica-se que todos se encontram dentro dos limites estabelecidos para as diferenças de cor.

Tabela 4.11 – Destaque dos produtos segundo ΔE^* em cada cor estudada ao fim de 200h e ΔE^* máximo permitido para cada cor

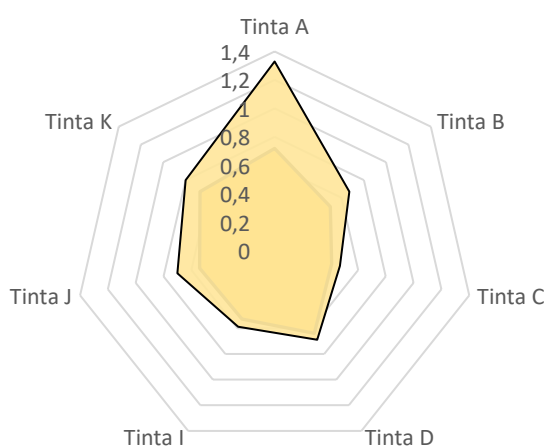
Cor	$< \Delta E^*$	$> \Delta E^*$	ΔE^* máximo
RAL 1014	Tinta C (0,47)	Tinta A (1,33)	4
RAL 2002	Tinta A (0,65)	Tinta B (0,94)	9
RAL 2009	Tinta A (0,72)	Tinta B (2,61)	5
RAL 3015	Tinta I (0,5)	Tinta D (1,42)	4
RAL 5017	Tinta I (1,14)	Tinta K (1,75)	6
RAL 6021	Tinta I (0,54)	Tinta D (3,14)	5

Relativamente à diferença de cor observada visualmente, verifica-se que as cores RAL 1014, RAL 2002 e RAL 5017 não apresentaram qualquer tipo de diferença comparativamente ao padrão. As cores RAL 3015 nas tintas D e K e a RAL 2009 nas tintas C e D apresentaram uma diferença muito ligeira em relação ao padrão. No entanto, foi na cor RAL 6021 com exceção da tinta I, que se observaram em todos os produtos, diferenças de cor. A tinta D foi a única que apresentou ligeiras diferenças de cor relativamente ao padrão, ficando classificada como a pior situação observada ao longo das 200h de teste.

Os resultados da observação visual vão, de um modo geral, ao encontro das conclusões que se retiram da análise das coordenadas cromáticas relativamente à diferença de cor total. Contudo, esta comparação demonstra que nem sempre o que era expectável ser perceptível, como indicado na Tabela 2.1, se verifica na realidade.

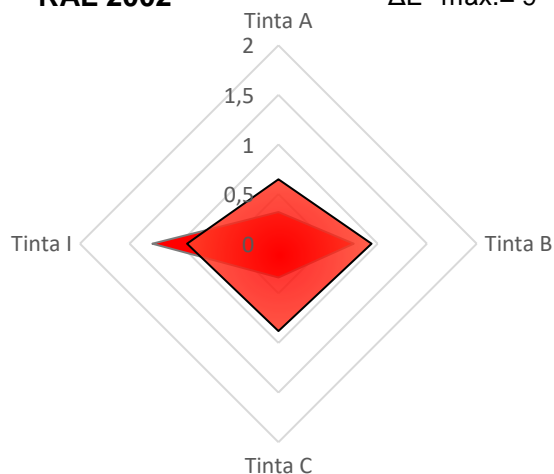
RAL 1014

ΔE^* máx.= 4



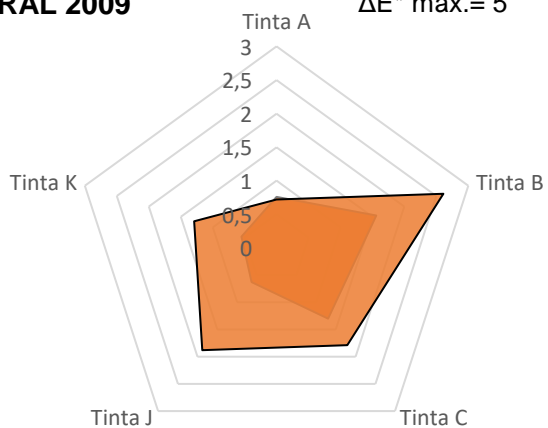
RAL 2002

ΔE^* máx.= 9



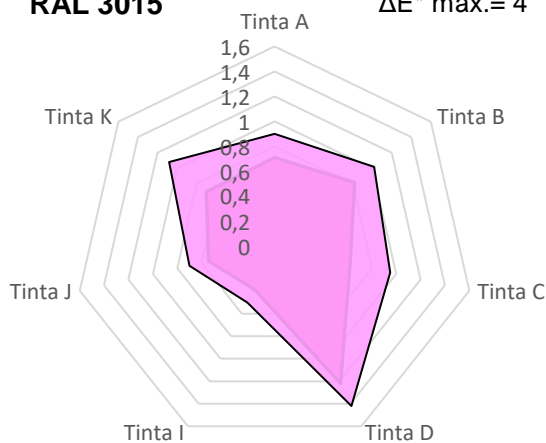
RAL 2009

ΔE^* máx.= 5



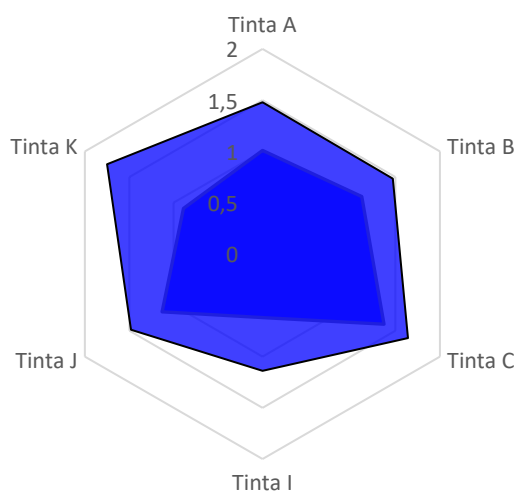
RAL 3015

ΔE^* máx.= 4



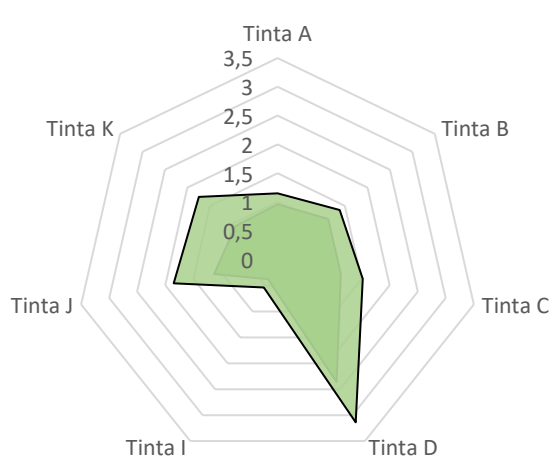
RAL 5017

ΔE^* máx.= 6



RAL 6021

ΔE^* máx.= 5



□ 100h □ 200h

Figura 4.9 – Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em Solar Box divididos por cor.

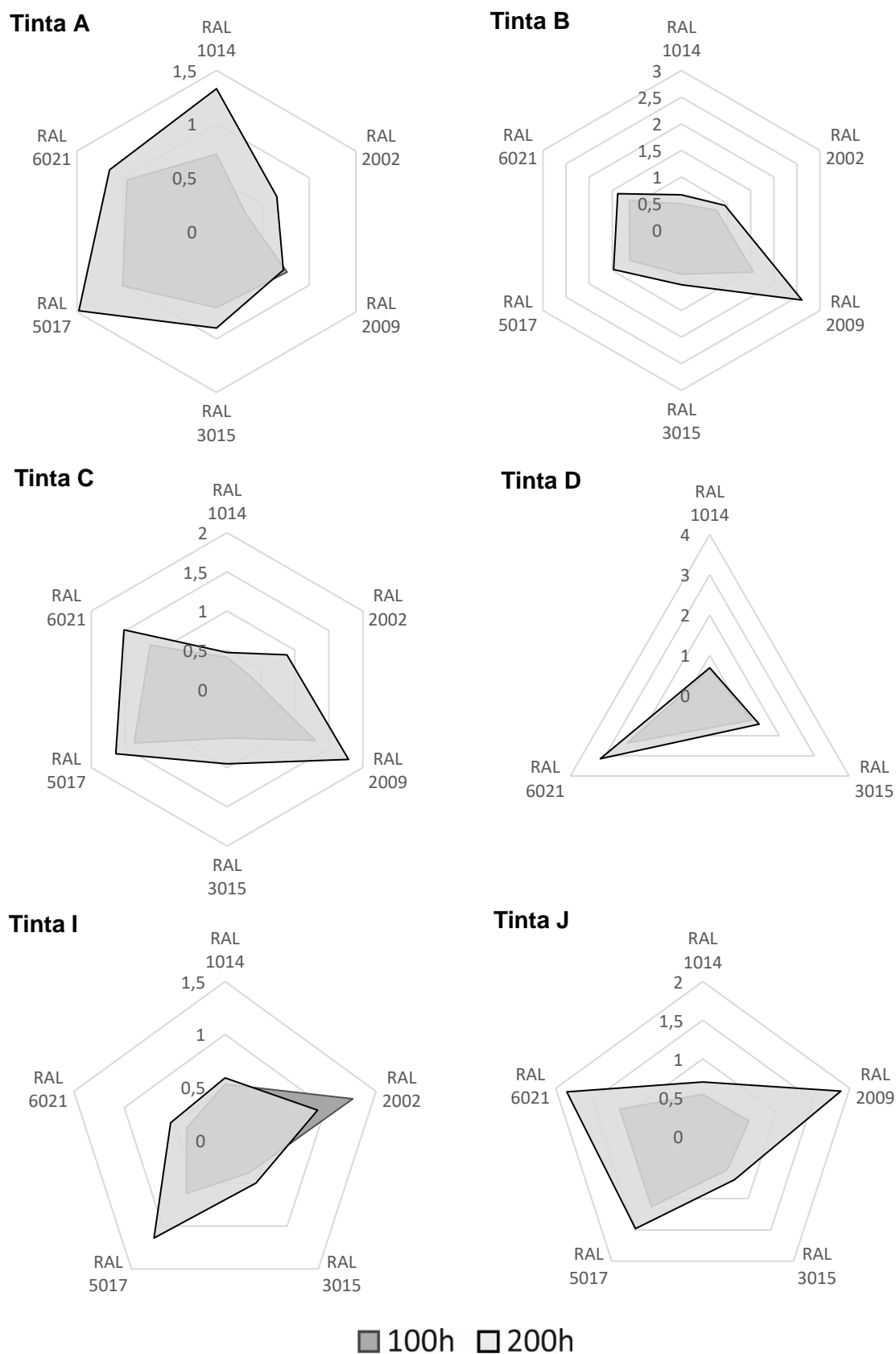


Figura 4.10 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em Solar Box divididos por produtos.

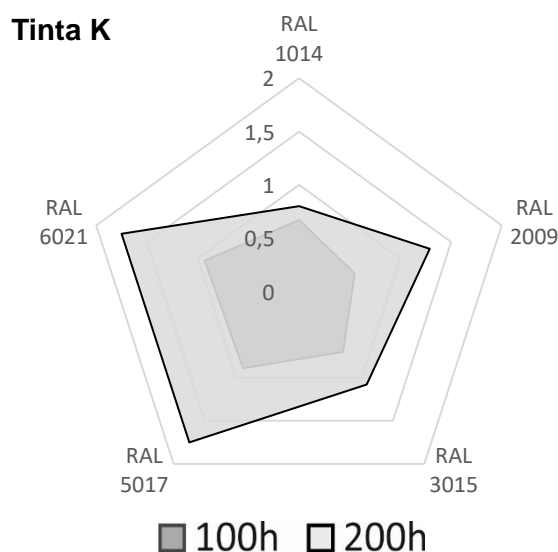


Figura 4.11 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em Solar Box divididos por produtos (continuação)

Na prática existem situações em que consideráveis ΔE^* , obtidos através da determinação das coordenadas de cor não demonstram visualmente alterações de cor relativamente ao padrão, o mesmo pode acontecer na situação contrária. O que remete para a questão da subjetividade da percepção da cor, já referida no capítulo 2.

Agrupando os resultados obtidos por produto e analisando os valores de ΔE^* para cada cor, presentes na Figura 4.10 e na Figura 4.11, obtém-se a Tabela 4.12, que resume o intervalo de ΔE^* para cada produto, destacando a cor que apresenta o respetivo máximo e mínimo.

As cores reproduzidas com bases intermédias ou transparentes são as que apresentam maiores diferenças de cor, no final deste capítulo, será analisada a possível explicação para tais resultados.

Tabela 4.12 – Destaque das cores segundo ΔE^* em cada produto estudado ao fim de 200h

Produto	$< \Delta E^*$	$> \Delta E^*$
Tinta A	RAL 2002 (0,65)	RAL 5017 (1,48)
Tinta B	RAL 1014 (0,67)	RAL 2009 (2,61)
Tinta C	RAL 1014 (0,47)	RAL 2009 (1,79)
Tinta D	RAL 1014 (0,69)	RAL 6021 (3,14)
Tinta I	RAL 3015 (0,5)	RAL 5017 (1,14)
Tinta J	RAL 1014 e 3015 (0,7)	RAL 2009 (0,88)
Tinta K	RAL 1014 (0,8)	RAL 5017 e 6021 (1,75)

Por último, é de reparar na Figura 4.10, mais precisamente, na cor RAL 2002 Tinta I e na cor RAL 2009 Tinta A, que apresentam uma diferença de cor em decréscimo das 100h para as 200h. Esta variabilidade da diferença de cor ΔE^* é explicada pelo facto de ΔE^* ser um vetor, como referido no capítulo 2, que resume as mudanças da luminosidade (ΔL^*) e dos eixos vermelho-verde (Δa^*) e amarelo-azul (Δb^*) exemplificados na Figura 2.1, traduzindo-se pela equação 2.1.

Portanto, basta que um dos parâmetros ΔL^* , Δa^* , Δb^* varie significativamente (passando de positivo para negativo), como se verifica na Figura 4.12, para que a diferença total de cor diminua ao longo do tempo. Deste modo, neste tipo de situações é essencial a análise dos quatro parâmetros

quando se pretende avaliar ao pormenor, a evolução da diferença de cor de um produto sujeito a envelhecimento.

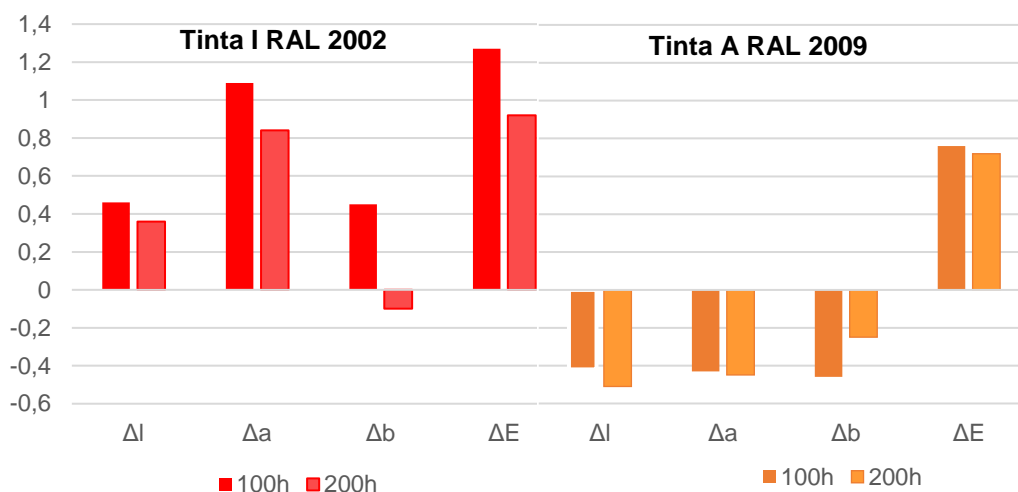


Figura 4.12 - Evolução da diferença de cor às 100h e 200h: ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* .

4.2.2. Envelhecimento artificial – QUV

Na câmara de QUV foram expostas 72 aplicações, 36 produtos aplicados em duplicado, à radiação de lâmpadas UVA-340 e ciclos de condensação durante 1000h. Sendo avaliada não só a diferença de cor obtida, como o aparecimento de possíveis defeitos visualmente detetáveis, mencionados no capítulo 3.

Analisando os valores de diferença de cor (ΔE^*), após 1000h de exposição, apresentados na Figura 4.13, distingue-se a cor RAL 1014 por apresentar menor diferença total de cor com $\Delta E^* < 2$ para todas as tintas. Seguindo-se a cor RAL 3015 apresentando no seu conjunto de tintas um $\Delta E^* < 2,5$. Com um comportamento intermédio, apresentam-se as cores RAL 5017 e RAL 6021 com um $\Delta E^* < 5$. Por último, surgem as cores RAL 2002 e RAL 2009 demonstrando diferenças de cor acentuadas conforme a tinta em estudo, tendo na pior das situações um $\Delta E^* < 8$.

Para cada cor, destacam-se na Tabela 4.13 as tintas que exibiram o pior e melhor comportamento relativamente à diferença de cor obtida. Ao fim das 1000h, verifica-se que a cor RAL 2009 na tinta A apresenta o ΔE^* mais elevado de todas as tintas em todas as cores estudadas (7,68), seguindo-se a RAL 2002 na tinta A (7,15). Comparando os valores máximos de ΔE^* obtidos com os valores máximos de ΔE^* permitidos pela norma NP 4505, conclui-se que existe apenas uma cor que apresenta um produto, a tinta A na cor RAL 2009, que se encontra fora do limite de diferença de cor permitida.

Tabela 4.13 - Destaque dos produtos segundo ΔE^* em cada cor estudada ao fim de 1000h e ΔE^* máximo permitido para cada cor

Cor	$< \Delta E^*$	$> \Delta E^*$	ΔE^* máximo
RAL 1014	Tinta I (0,33)	Tinta D (1,82)	4
RAL 2002	Tinta I (0,36)	Tinta A (7,15)	9
RAL 2009	Tinta K (0,94)	Tinta A (7,68)	5
RAL 3015	Tinta I (0,31)	Tinta A (2,25)	4
RAL 5017	Tinta I (1,22)	Tinta K (4,55)	6
RAL 6021	Tinta I (0,69)	Tinta K (4,98)	5

Em relação à observação visual, ao longo de todo o teste não se verificou para nenhum produto em nenhuma cor, o aparecimento dos possíveis defeitos identificados no capítulo anterior. No que se refere à diferença de cor observada, verifica-se que existem para cada uma, produtos que apresentam alteração de cor, estando eles resumidos na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Produtos que demonstram maiores diferenças de cor a nível visual

Cor	Produtos
RAL 1014	Tinta A, D, J
RAL 2002	Tinta A
RAL 2009	Tinta A
RAL 3015	Tinta A
RAL 5017	Tinta K e A
RAL 6021	Tinta D, J e K

De um modo geral, todos os produtos que se destacaram como os piores em termos de diferença de cor observada visualmente, são os mesmo que se destacam da análise das coordenadas cromáticas, como sendo os que apresentam os valores máximos de ΔE^* para cada cor, estando todos os resultados em concordância.

Passando para a perspetiva do produto e analisando os valores de ΔE^* para cada cor, que se encontram na Figura 4.14 e na Figura 4.15, é possível resumir na Tabela 4.15 o intervalo de ΔE^* para cada produto, identificando as cores que representam o respetivo máximo e mínimo.

Tabela 4.15 – Destaque das cores segundo ΔE^* em cada produto estudado ao fim de 1000h

Produto	< ΔE^*	> ΔE^*
Tinta A	RAL 1014 (0,94)	RAL 2009 (7,68)
Tinta B	RAL 3015 (0,56)	RAL 2002 (3,74)
Tinta C	RAL 1014 (1,44)	RAL 5017 (3,99)
Tinta D	RAL 1014 (1,82)	RAL 6021 (4,80)
Tinta I	RAL 3015 (0,31)	RAL 5017 (1,22)
Tinta J	RAL 2009 (0,98)	RAL 6021 (4,81)
Tinta K	RAL 1014 (0,72)	RAL 6021 (4,98)

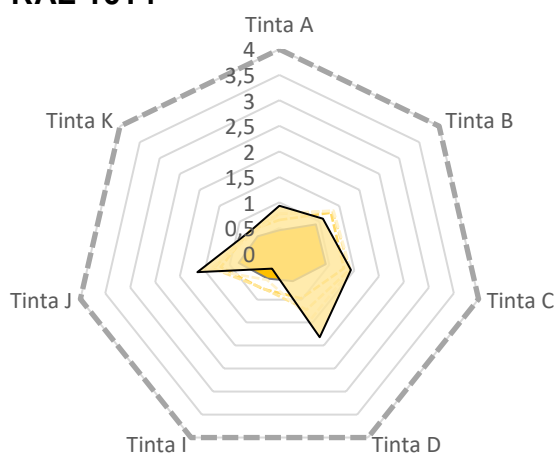
Novamente se verifica que as cores reproduzidas com bases intermédias ou transparentes são as que se destacam por apresentarem maiores diferenças de cor no decorrer do teste. No entanto, dada a agressividade das condições simuladas, os resultados obtidos são considerados aceitáveis, visto se encontrarem dentro do limite estabelecido e presente na Norma NP 4505. Contudo, foi identificada uma exceção, a tinta A na cor RAL 2009 apresenta ser a mais problemática, pois apresenta uma diferença de cor muito acima do limite estabelecido.

4.2.3. Envelhecimento natural

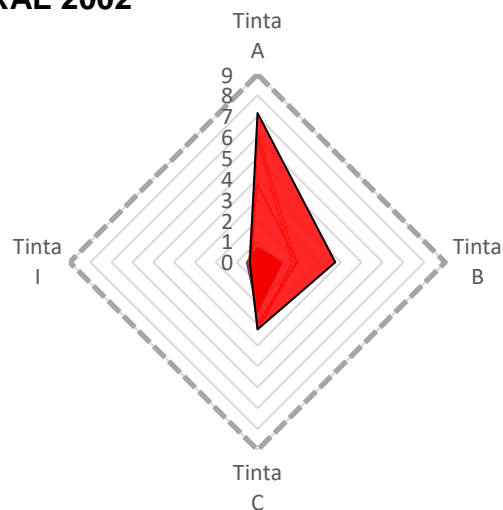
No parque de exposição foram expostos 36 painéis à intempérie e lá se manterão durante 2 anos. Periodicamente será feita uma observação visual para deteção de possíveis defeitos no filme e determinação das coordenadas cromáticas. Dado o longo tempo necessário para a avaliação deste ensaio, só foi possível recolher resultados relativos aos 3 primeiros meses de exposição – Figura 4.16 à Figura 4.18

Começando por analisar a Figura 4.16, verifica-se que após 3 meses de exposição, destacam-se as cores RAL 1014 e RAL 3015 por apresentarem menores diferenças de cor com $\Delta E^* < 2$, seguindo-se as cores RAL 2002 e RAL 6021 com um $\Delta E^* < 3,5$ e as cores RAL 5017 e RAL 2009 com um $\Delta E^* < 4,5$.

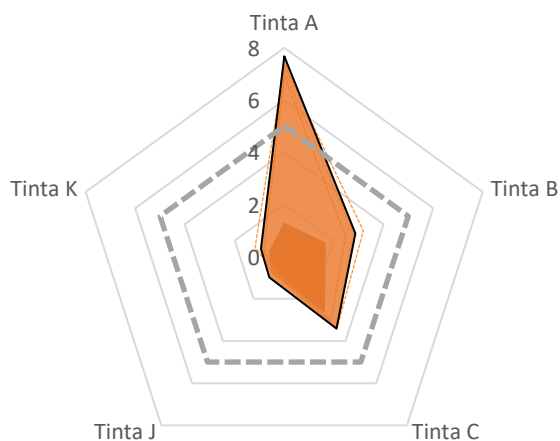
RAL 1014



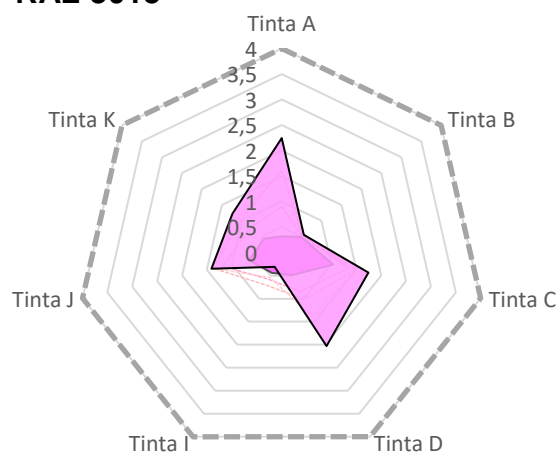
RAL 2002



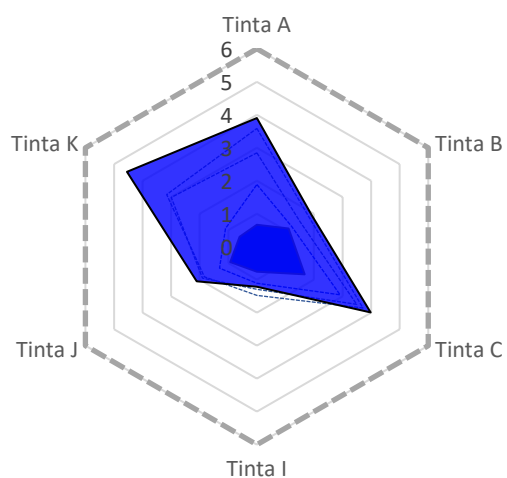
RAL 2009



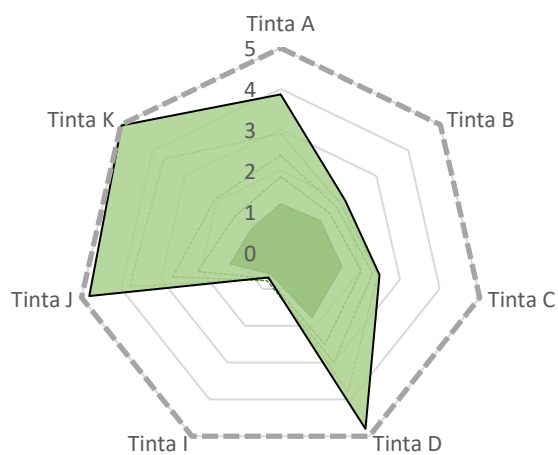
RAL 3015



RAL 5017



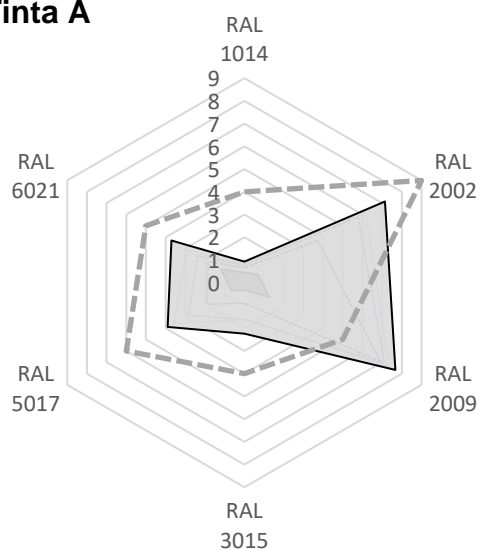
RAL 6021



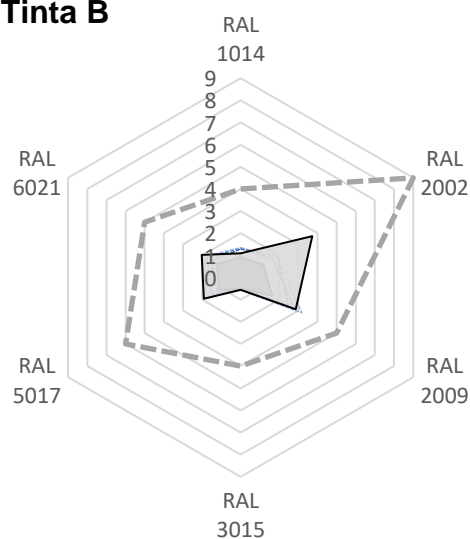
□ 200h □ 1000h □ ΔE^* máx.

Figura 4.13 - Resultados da diferença de cor (ΔE^* e ΔE^* máximo) em QUV divididos por cor.

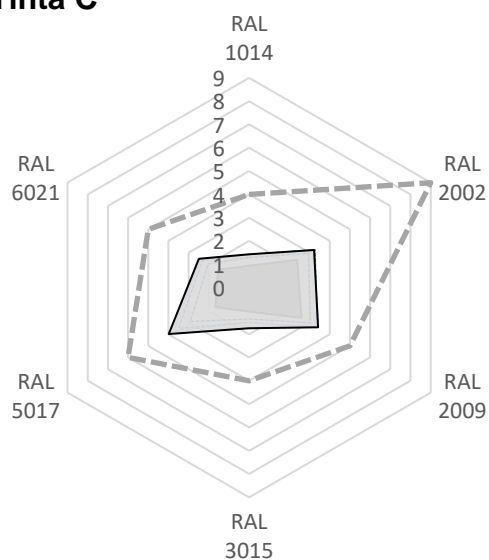
Tinta A



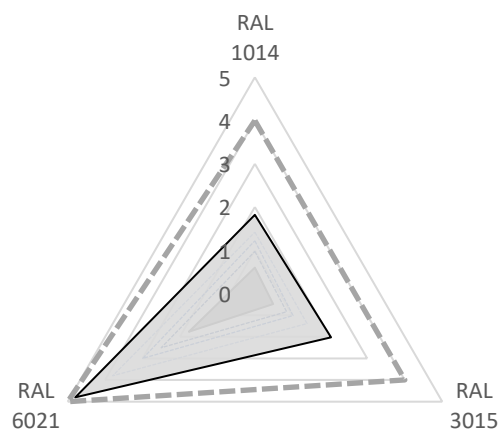
Tinta B



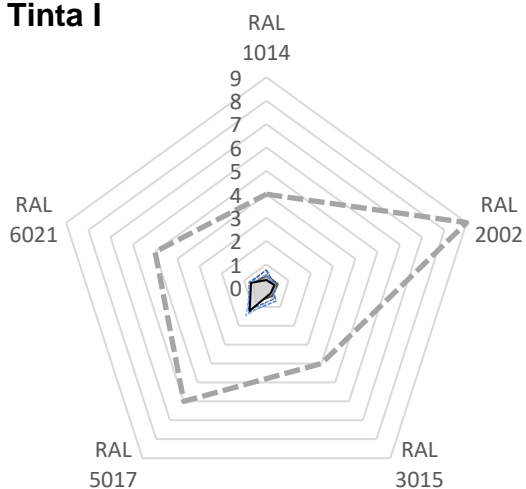
Tinta C



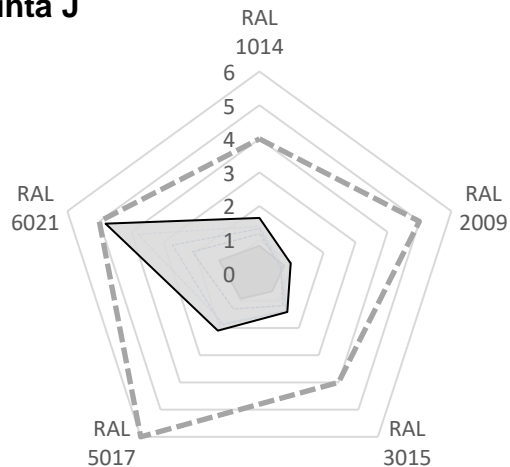
Tinta D



Tinta I



Tinta J



■ 200h □ 1000h ▨ ΔE^* máx.

Figura 4.14 - Resultados da diferença de cor (ΔE^* e ΔE^* máximo) em QUV divididos por produtos.

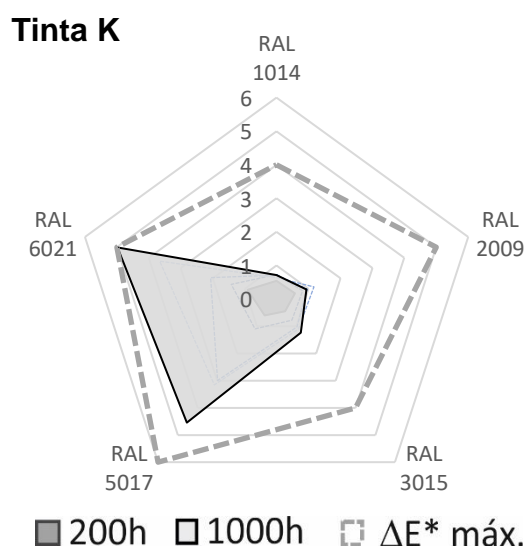


Figura 4.15 - Resultados da diferença de cor (ΔE^* e ΔE^* máximo) em QUV divididos por produtos (continuação).

Na Tabela 4.16 evidenciam-se as tintas que exibiram o pior e melhor comportamento em termos de diferença de cor obtida. Aqui verifica-se que a Tinta C cor RAL 2009, apresenta o ΔE^* mais elevado de todas as tintas em todas as cores estudadas (4,34), seguindo-se novamente a tinta C na cor RAL 5017 (3,98).

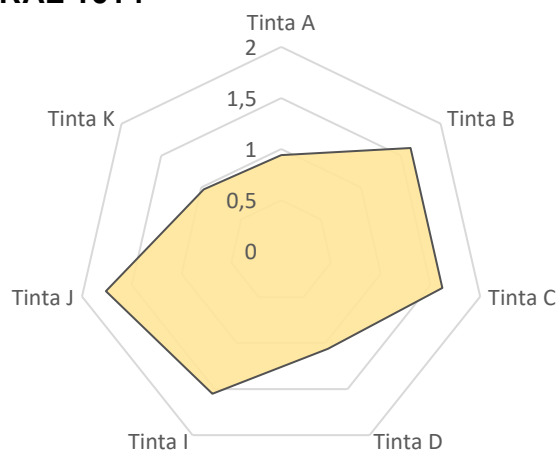
Tabela 4.16 – Produtos em destaque segundo ΔE^* para cada cor ao fim de 3 meses e ΔE^* máximo permitido

Cor	$< \Delta E^*$	$> \Delta E^*$	ΔE^* máximo
RAL 1014	Tinta A (0,94)	Tinta J (0,76)	4
RAL 2002	Tinta B (2,0)	Tinta C (3,36)	9
RAL 2009	Tinta K (1,35)	Tinta C (4,34)	5
RAL 3015	Tinta B (1,01)	Tinta J (2,06)	4
RAL 5017	Tinta K (1,9)	Tinta C (3,98)	6
RAL 6021	Tinta I (1,52)	Tinta K (3,51)	5

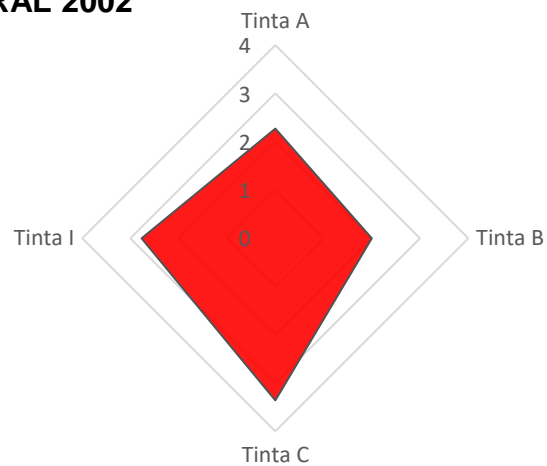
Comparando o ΔE^* máximo obtido em cada cor com o ΔE^* permitido pela norma NP 4505, comprova-se que aos 3 meses de exposição nenhum produto em nenhuma das cores se encontra fora do limite estabelecido. No entanto, estes resultados não são conclusivos, são meramente ilustrativos, pois retratam um comportamento numa fase inicial, face ao tempo de exposição total. Posto isto, o que se observa neste intervalo de tempo poderá não ser o mesmo que se observará à conclusão do teste.

Em termos visuais, de todos os possíveis defeitos descritos no capítulo anterior, apenas se verificou uma ligeira retenção de poeiras em todos os painéis. Relativamente à diferença de cor observada, de um modo geral, os produtos das cores RAL 1014, RAL 3015, RAL 5017 não apresentaram alterações de cor. Na cor RAL 2002 a tinta A e C apresentam diferenças muito ligeiras, o mesmo para todos os produtos da cor RAL 2009 e da cor RAL 6021, excetuando as tintas A e K da RAL 6021 que apresentaram diferenças ligeiras de cor.

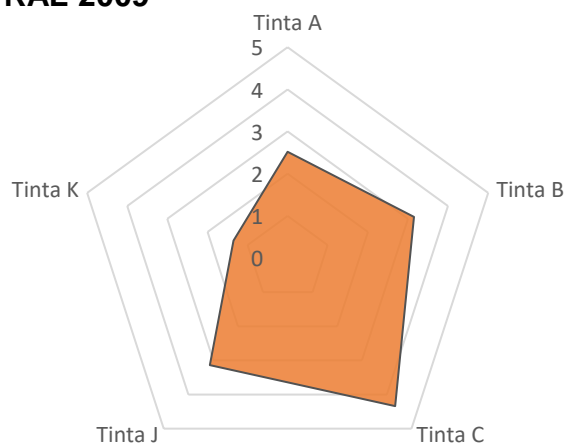
RAL 1014



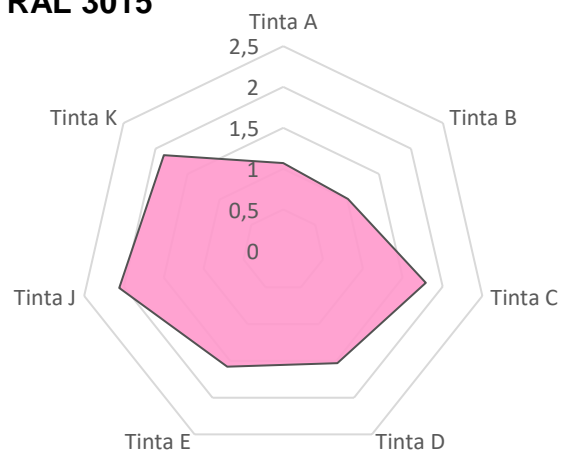
RAL 2002



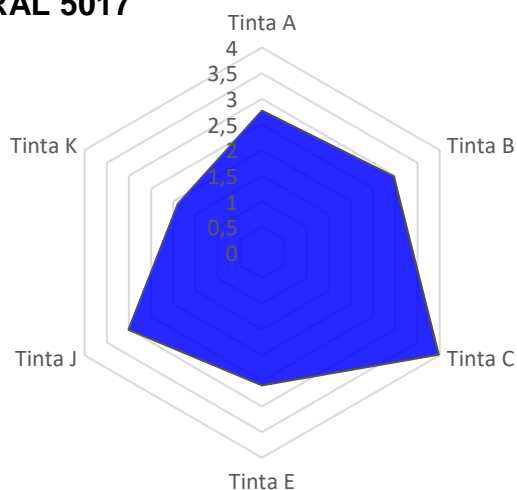
RAL 2009



RAL 3015



RAL 5017



RAL 6021

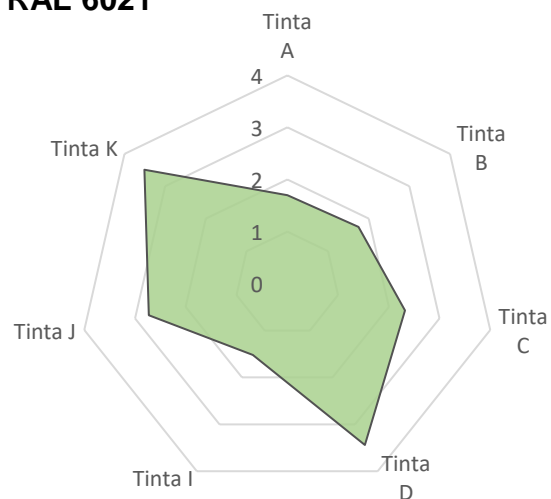
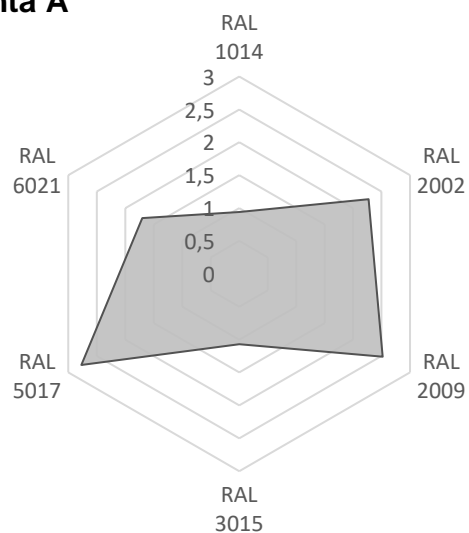
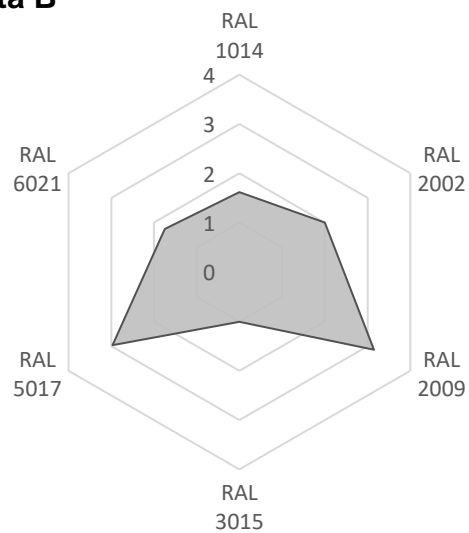


Figura 4.16 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em envelhecimento natural divididos por cor.

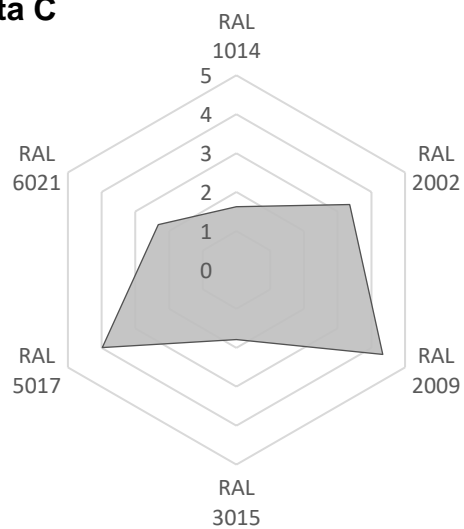
Tinta A



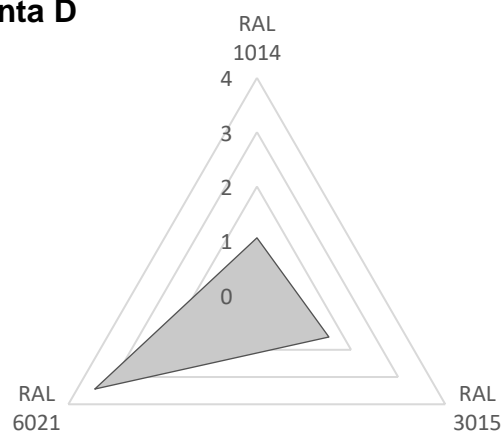
Tinta B



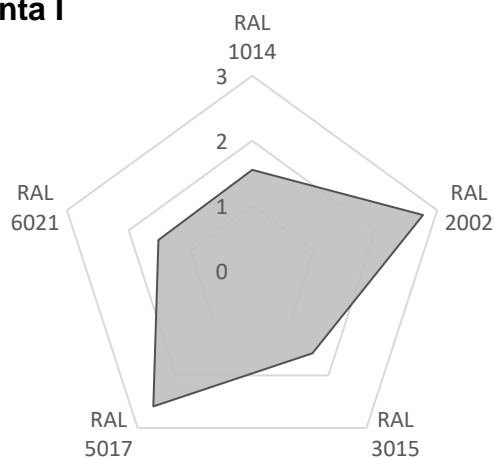
Tinta C



Tinta D



Tinta I



Tinta J

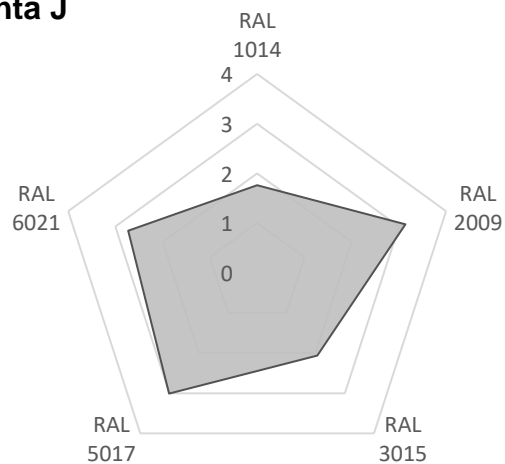


Figura 4.17 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em envelhecimento natural divididos por produto.

Tinta K

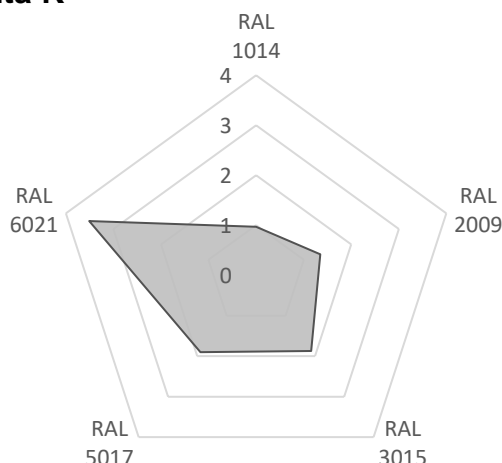


Figura 4.18 - Resultados da diferença de cor (ΔE^*) em envelhecimento natural, divididos por produto (continuação).

Sob o ponto de vista do produto e analisando os valores de ΔE^* para cada cor – Figura 4.17 e Figura 4.18 – é possível resumir na Tabela 4.17 o intervalo de ΔE^* para cada um, com o intuito de identificar as cores que representam o respetivo máximo e mínimo.

Tabela 4.17 - Destaque das cores segundo ΔE^* em cada produto estudado ao fim de 3 meses de exposição

Produto	$< \Delta E^*$	$> \Delta E^*$
Tinta A	RAL 1014 (0,94)	RAL 5017 (2,77)
Tinta B	RAL 3015 (1,01)	RAL 2009 (3,15)
Tinta C	RAL 1014 (1,62)	RAL 2009 (4,34)
Tinta D	RAL 1014 (1,06)	RAL 6021 (3,44)
Tinta I	RAL 6021 (1,52)	RAL 2002 (2,77)
Tinta J	RAL 1014 1,76)	RAL 2009 (3,14)
Tinta K	RAL 1014 (0,97)	RAL 6021 (3,51)

Nesta fase inicial do teste verifica-se que as cores reproduzidas com bases intermédias ou transparentes são as que se evidenciam, por apresentarem maiores diferenças de cor. Mesmo se tratando de resultados relativos a uma fase inicial, é de esperar que no final do teste, continuem a ser estas cores a destacarem-se pelas maiores diferenças de cor registadas, como se verificou nos testes de envelhecimento artificial acelerado e nos limites permitidos nas normas referentes a estes ensaios.

Apesar dos vários estudos desenvolvidos e presentes na literatura, para avaliar o papel do dióxido de titânio na foto degradação dos revestimentos poliméricos, principalmente em tintas de exterior expostas à radiação UV, as conclusões são pouco claras [37].

No entanto, é de salientar um estudo presente na literatura, em que se avaliou a estabilidade de quatro pigmentos laranjas, que seriam adequados para substituir os pigmentos que contêm metais pesados, usados nos revestimentos de base aquosa [20]. Neste estudo, os quatro pigmentos laranjas foram utilizados para preparar os corantes, que foram posteriormente adicionados a cinco bases de tintagem de diferentes gamas, tanto na forma de base transparente como base branca. As tintas obtidas foram aplicadas em painéis e sujeitas ao envelhecimento artificial – QUV. Da avaliação das

diferenças de cor, conclui-se que os revestimentos preparados com bases brancas são consideravelmente mais estáveis do que os revestimentos com bases transparentes. É a presença de partículas de dióxido de titânio que explica tais resultados, visto que absorvem a radiação UV e refletem a radiação visível com comprimentos de onda superiores a 420nm, impedindo a degradação dos pigmentos. Para além disso, com os resultados obtidos demonstram que todos os componentes usados para preparar o revestimento, influenciam a deterioração da sua cor e que é a formulação da base de tintagem a principal influência na resistência ao envelhecimento artificial, surgindo depois os próprios corantes [20].

Estas conclusões vão ao encontro dos resultados aqui obtidos, validando a hipótese de que a presença de dióxido de titânio influencia positivamente o comportamento de um revestimento ao envelhecimento natural ou acelerado, principalmente na durabilidade das cores.

4.2.4. Resumo do envelhecimento natural e acelerado

Na Tabela 4.18 e na Tabela 4.19 comparam-se para todas as cores e nos três envelhecimentos realizados, os produtos que se destacaram por apresentarem menores e maiores diferenças de cor, respetivamente.

Ainda que não seja possível concluir nada acerca da semelhança ou não de resultados entre envelhecimento natural e artificial, visto que o envelhecimento natural se encontra ainda numa fase inicial, verifica-se que até mesmo entre o envelhecimento artificial Solar Box e QUV não se verifica na maioria das cores, uma concordância de resultados. O que se justifica pelas diferentes condições que cada teste pretende simular. No Solar Box simula-se apenas a exposição contínua à radiação de UV, enquanto o QUV simula ciclos de exposição à radiação UV e ciclos de condensação de água ambos a temperaturas elevadas, reunindo os fatores que mais prejudicam a durabilidade de um revestimento quando este se encontra exposto à intempérie.

Tabela 4.18 – Destaque dos produtos segundo $< \Delta E^*$ registado para cada cor nos três envelhecimentos

Cor	Natural 3 meses exposição	Solar Box 200h exposição	QUV 1000h exposição
RAL 1014	Tinta A (0,94)	Tinta C (0,47)	Tinta I (0,33)
RAL 2002	Tinta B (2,0)	Tinta A (0,65)	Tinta I (0,36)
RAL 2009	Tinta K (1,35)	Tinta A (0,72)	Tinta K (0,94)
RAL 3015	Tinta B (1,01)	Tinta I (0,50)	Tinta I (0,31)
RAL 5017	Tinta K (1,90)	Tinta I (1,14)	Tinta I (1,22)
RAL 6021	Tinta I (1,52)	Tinta I (0,54)	Tinta I (0,69)

Tabela 4.19 - Destaque dos produtos segundo $> \Delta E^*$ registado para cada cor nos três envelhecimentos

Cor	Natural 3 meses exposição	Solar Box 200h exposição	QUV 1000h exposição
RAL 1014	Tinta J (1,76)	Tinta A (1,33)	Tinta D (1,82)
RAL 2002	Tinta C (3,36)	Tinta B (0,94)	Tinta A (7,15)
RAL 2009	Tinta C (4,34)	Tinta B (2,61)	Tinta A (7,68)
RAL 3015	Tinta J (2,06)	Tinta D (1,42)	Tinta A (2,25)
RAL 5017	Tinta C (3,98)	Tinta K (1,75)	Tinta K (4,55)
RAL 6021	Tinta K (3,51)	Tinta D (3,14)	Tinta K (4,98)

Como se comprova num estudo semelhante, que comparou as diferenças de cor resultantes da exposição de diferentes tintas a envelhecimentos naturais e acelerados. Sendo simulados três diferentes ciclos de exposição e num deles, não é contemplando o ciclo de condensação de água. Terminado o período dos envelhecimentos, concluiu-se que para existirem o máximo de semelhanças entre envelhecimentos acelerados e naturais é necessário simular ciclos de água. Ciclos que simulem apenas a exposição contínua à radiação UV, conduzem em certas situações, a degradações demasiado severas e não concordantes com exposições em condições reais e naturais [38].

Posto isto e tendo por base as condições simuladas, prevê-se que o envelhecimento realizado em QUV apresentará resultados mais semelhantes ao envelhecimento natural.

Na Tabela 4.20 e na Tabela 4.21 comparam-se para todos os produtos e nos três envelhecimentos realizados, as cores que se destacaram por apresentarem menores e maiores diferenças de cor, respetivamente.

Relativamente às cores que se destacam em cada produto, existe uma concordância de resultados entre envelhecimentos, no sentido de nos três ensaios serem as cores reproduzidas em bases intermédias ou transparentes que apresentam maiores diferenças de cor. Para além disto, verifica-se que o mesmo produto se comporta de formas diferentes em cada envelhecimento.

Tabela 4.20 - Destaque das cores segundo $< \Delta E^*$ registado para cada produto nos três envelhecimentos

Produto	Natural 3 meses exposição	Solar Box 200h exposição	QUV 1000h exposição
Tinta A	RAL 1014 (0,94)	RAL 2002 (0,65)	RAL 1014 (0,94)
Tinta B	RAL 3015 (1,01)	RAL 1014 (0,67)	RAL 3015 (0,56)
Tinta C	RAL 1014 (1,62)	RAL 1014 (0,47)	RAL 1014 (1,44)
Tinta D	RAL 1014 (1,06)	RAL 1014 (0,69)	RAL 1014 (1,82)
Tinta I	RAL 6021 (1,52)	RAL 3015 (0,50)	RAL 3015 (0,31)
Tinta J	RAL 1014 (1,76)	RAL 1014 (0,70)	RAL 2009 (0,98)
Tinta K	RAL 1014 (0,97)	RAL 1014 (0,80)	RAL 1014 (0,72)

Tabela 4.21 - Destaque das cores segundo $> \Delta E^*$ registado para cada produto nos três envelhecimentos

Produto	Natural 3 meses exposição	Solar Box 200h exposição	QUV 1000h exposição
Tinta A	RAL 5017 (2,77)	RAL 5017 (1,48)	RAL 2009 (7,68)
Tinta B	RAL 2009 (3,15)	RAL 2009 (2,61)	RAL 2002 (3,74)
Tinta C	RAL 2009 (4,34)	RAL 2009 (1,79)	RAL 5017 (3,99)
Tinta D	RAL 6021 (3,44)	RAL 6021 (3,14)	RAL 6021 (4,80)
Tinta I	RAL 2002 (2,77)	RAL 5017 (1,14)	RAL 5017 (1,22)
Tinta J	RAL 2009 (3,14)	RAL 2009 (1,88)	RAL 6021 (4,81)
Tinta K	RAL 6021 (3,51)	RAL 6021 (1,75)	RAL 6021 (4,98)

Tanto no envelhecimento natural como acelerado verifica-se que tintas com o mesmo tipo de cor se comportam de diferentes formas, apresentando diferentes retenções da mesma, facto que se deve à existência de diferentes componentes na formulação de cada tinta. Pelo que, para além das condições a que são expostos, a resistência ao envelhecimento depende da formulação da própria tinta. Estando em concordância com uma das conclusões do estudo mencionado anteriormente e justificando assim a necessidade de realizar este tipo de ensaios.

Por mais que se tente utilizar métodos de envelhecimento artificial para estimar o comportamento de determinado produto, expondo-o a condições mais agressivas, numa tentativa de ganhar tempo, face à duração de um teste de envelhecimento natural, não é possível extrapolar os seus resultados para fornecer uma garantia de durabilidade do produto em condições naturais de exposição. Como se pode comprovar pela divergência de resultados entre os envelhecimentos realizados. Tornando-se essencial, como referido no capítulo 2, a realização do envelhecimento natural sempre que se pretende avaliar a durabilidade de um revestimento, sendo o envelhecimento artificial um teste complementar que permite antever possíveis comportamentos que depois se verificam ou não em condições reais de exposição.

5. Conclusões e propostas de trabalho futuro

Esta dissertação tem como objetivos: caracterizar a influência de um conjunto de 13 corantes nas propriedades físicas de 16 tintas de diferentes graus de brilho e natureza química, averiguando a sua compatibilidade, influência na viscosidade, brilho, opacidade, tempos de secagem e absorção de água; e caracterizar a durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior, recorrendo a ensaios de envelhecimento natural e artificial.

A cada uma das 16 bases de tintagem foi adicionada uma percentagem de corante específica e averiguou-se através de testes de *rub-out* e aplicações em cartolina, a sua compatibilidade.

A realização destes dois testes, cujos resultados se complementam, permitiram identificar casos pontuais que representam problemas de compatibilidade, nomeadamente o corante A12, a tinta H na base branca e a Tinta D tanto na base branca como transparente.

A incompatibilidade dos corantes e floculação das partículas dos pigmentos são efeitos da ineficiente dispersão dos pigmentos. Os dispersantes e molhantes são os principais determinantes da formulação de uma tinta, que influenciam a eficiência do processo de dispersão. Pelo que, melhorar o processo de dispersão dos pigmentos passa por alterar os seus principais intervenientes, nomeadamente, os dispersantes e molhantes.

Relativamente às propriedades físicas da tinta, verificou-se que a adição de corantes às bases de tintagem influencia a viscosidade do produto final. A alteração na viscosidade depende de corante para corante e de produto para produto, ou seja, um mesmo corante comporta-se de modo diferente em cada produto, não se verificando nenhum padrão de comportamento.

Em relação ao brilho, verifica-se que depois de adicionados os corantes às bases de tintagem, os produtos mates não apresentam variação de brilho entre corantes. Contrariamente, produtos acetinados e principalmente brilhantes apresentam variações de brilho conforme o corante. A variação do brilho nas bases brilhantes deve-se ao seu PVC mais baixo, apresentando quantidades de ligante mais elevadas dada a inexistência de cargas na sua constituição. Ao adicionar corante, adiciona-se pigmento, o PVC aumenta e consequentemente altera-se o grau de brilho, ou seja, este diminui. Novamente, cada corante contribui de diferente modo para o brilho de cada produto.

Para além da cor, a opacidade é das propriedades de um revestimento mais afetado pelos corantes, mais precisamente os pigmentos. O dióxido de titânio é o grande responsável por conferir opacidade a um revestimento. Na sua ausência, nas bases transparentes é notória a influência que os restantes tipos de pigmentos e a sua natureza química têm na opacidade. Dos corantes e consequentemente pigmentos em estudo, comprovou-se que são os pigmentos inorgânicos, óxidos de ferro e negro de fumo, que conferem elevadas opacidades comparativamente aos pigmentos orgânicos. Confirmou-se ainda que existem pigmentos orgânicos que já são sintetizados de forma a conferirem boas opacidades, como é o caso do corante U7.

Em termos de tempos de secagem e percentagem de absorção de água, conclui-se que os corantes não promovem alterações significativas nestas propriedades dos revestimentos, tendo os resultados obtidos ido ao encontro do esperado para cada tipo de produto e propriedade.

Da exposição de 36 produtos reproduzidos num espectro de 6 cores, a dois tipos de envelhecimentos artificiais, conclui-se que o comportamento observado relativamente à alteração de cor, varia dependendo das condições a que o revestimento é exposto. O Solar Box simula apenas a exposição contínua à radiação de UV, enquanto o QUV simula ciclos de exposição à radiação UV e ciclos de condensação de água, ambos a temperaturas elevadas. Por esta razão, no envelhecimento artificial Solar Box e QUV não se verifica na maioria das cores uma concordância de resultados.

Para já não é possível concluir nada acerca da semelhança ou não de resultados entre envelhecimento natural e artificial, visto que o envelhecimento natural se encontra numa fase inicial. No entanto, dadas as condições que se pretendem simular no envelhecimento realizado em QUV à partida, este apresentará resultados mais semelhantes ao envelhecimento natural.

Visto que as condições simuladas, num espaço de tempo relativamente curto, são mais agressivas do que as que se verificam em condições naturais e reais, é de salientar, que podem por vezes, conduzir a resultados que não coincidam com o observado em envelhecimento natural.

Mais importante para a durabilidade da cor, que as condições de exposição, são a formulação da base de tintagem e respetivo PVC, já que tintas com o mesmo tipo de cor, apresentam diferentes retenções da mesma quando sujeitas às mesmas condições. Pela mesma razão se verifica que não é o corante, o principal fator que contribui para a degradação da cor, mas sim a natureza química do produto.

Confirmou-se ainda, que o dióxido de titânio é um pigmento que para além de permitir a reprodução de cores claras, contribui para a estabilidade à alteração de cor. Em todos os ensaios realizados, até mesmo na fase inicial do envelhecimento natural, conclui-se que são as cores reproduzidas com bases intermédias e transparentes que apresentam maiores alterações de cor.

Por último, verifica-se que um produto reproduzido numa cor em específico, Tinta A na cor RAL 2009, apresenta uma diferença de cor incompatível com o limite máximo permitido pela norma NP 4505 para este tipo de ensaio. Este resultado deverá ser posteriormente analisado versus o obtido no final do envelhecimento natural. Na eventualidade de se confirmar esse resultado no final do envelhecimento natural, mais uma vez se comprova que é a formulação da base de tintagem que determina a durabilidade da cor. Pelo que, melhorar o comportamento de uma tinta corada quando exposta à intempérie, relativamente à alteração de cor que se observa ao longo do tempo, passa por analisar e melhorar a sua formulação.

Referências

- [1] D. Bohn, "Global Coatings Market Overview," *Coatings World*, 2018. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2018-01-01/view_features/global-coatings-market-overview/. [Acedido: 13-Agosto-2018].
- [2] C. World, "Global Paints and Coatings Market is Expected to be Valued \$176.5 billion by 2020," *Coatings World*, 2017. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/contents/view_market-research/2017-01-16/global-paints-and-coatings-market-is-expected-to-b/. [Acedido: 01-Agosto-2018].
- [3] A. Locicero, "New Year, New Hue: 2018 Interior Architectural Coatings Trends," *Coatings World*, 2018. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2018-01-01/view_features/new-year-new-hue-2018-interior-architectural-coatings-trends/. [Acedido: 05-Agosto-2018].
- [4] A. Locicero, "Exterior Decorative Coatings Market," *Coatings World*, 2017. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2017-11-01/view_features/exterior-decorative-coatings-market/. [Acedido: 12-Agosto-2018].
- [5] J. R. Christine Louis, Mike Peck, "Surfactant Influence on Colorant Acceptance," *Coatings World*, 2016. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2016-03-01/view_features/surfactant-influence-on-colorant-acceptance/7877. [Acedido: 12-Julho-2018].
- [6] Robbialac, "As nossas Áreas de Negócio:," *Tintas Robbialac*, 2015. [Online]. Disponível em: <http://tintasrobbialac.pt/institucional/marcas.aspx>. [Acedido: 10-Março-2018].
- [7] A. Goldschmidt and H.-J. Streitberger, *Basics of coating technology*, 2nd ed. Vincentz, 2007.
- [8] Hans G. Völz, *Industrial Color Testing*, 2nd ed. Wiley-VCH, 2002.
- [9] J. Bieleman, *Paints, coatings and solvents*, 2nd ed. Wiley-VCH, 1994.
- [10] A. Gürses, M. Açıkyıldız, K. Güneş, and M. S. Gürses, *Dyes and Pigments*, 1st ed. Springer, 2016.
- [11] A. G. Davies, H. Yamamoto, and K. O. Eds, *Industrial Organic Pigments*, 3rd ed. Wiley-VCH, 2004.
- [12] J. L. Nogueira, *Noções Básicas de Tintas e Vernizes*, 1st ed. Associação Rede Competência em Polímeros, 2008.
- [13] R. Lambourne and T. A. Strivens, *Paint and Surface Coatings*, 2nd ed. Woodhead Publishing, 1987.
- [14] Ramon Pineiro and R. Himics, "The Importance of Particle Size in Liquid Coatings," *Products Finishing*, 1998. [Online]. Disponível em: <https://www.pfonline.com/articles/the-importance-of-particle-size-in-liquid-coatings>. [Acedido: 29-Julho-2018].
- [15] H. Endriss, *Inorganic coloured pigments today*, 1st ed. Vincentz, 1998.
- [16] V. K. Josep, *Paint and Coating Testing Manual*, 14th ed. ASTM, 1995.
- [17] J. Rommens, A. Verhaege, G. Michiels, and M. Diebold, "TiO₂ Impact on Paint Weather Resistance," *Coatings World*, 2017. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2017-09-01/view_features/tio2-impact-on-paint-weather-resistance. [Acedido: 01-Julho-2018].

- [18] Paint & Coatings Industry, "TiO₂ Basics for Paint Appearance and Performance," *Paint & Coatings Industry*, 2002. [Online]. Disponível em: <https://www.pcimag.com/articles/83622-tio2-basics-for-paint-appearance-and-performance>. [Acedido: 25-Junho-2018].
- [19] D. Y. Perera, "Effect of pigmentation on organic coating characteristics," *Prog. Org. Coatings*, vol. 50, no. 4, pp. 247–262, 2004.
- [20] H. Erznöžnik, T. Razboršek, and M. K. Gunde, "Characterization of orange pigments in decorative outdoor coatings and their weather fastness," *Prog. Org. Coatings*, vol. 99, pp. 47–54, 2016.
- [21] Tintas Robbialac S.A., "Notas Históricas," (*Documento Interno*).
- [22] J. Bieleman, *Additives for Coatings*, 1st ed. Wiley-VCH, 2000.
- [23] J. A. Gilbert, "Recent Trends in Architectural Coatings," *Coatings World*, 2016. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2016-09-01/view_features/recent-trends-in-architectural-coatings/. [Acedido: 09-Maio-2018].
- [24] M. Schwartz and R. Baumstark, *Waterbased Acrylates for Decorative Coatings*, 1st ed. Vincentz, 2001.
- [25] M. P. Rodrigues and S. C. da Fonseca, "Regras para a concessão de documentos de aplicação a revestimentos por pintura de base aquosa para superfícies interiores de habitações - paredes e tetos," *LNEC*, 2018. [Online]. Disponível em: <http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1010727>. [Acedido: 15-Junho-2018].
- [26] M. P. Rodrigues and S. C. da Fonseca, "Regras para a concessão de documentos de aplicação a revestimentos por pintura para rebocos de cimento e para betão em superfícies exteriores," *LNEC*, 2017. [Online]. Disponível em: <http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1009396>. [Acedido: 17-Junho-2018].
- [27] M. P. Rodrigues and S. C. da Fonseca, "Regras para a concessão de documentos de aplicação a produtos de revestimento de superfícies de madeira em condições de exposição no exterior," *LNEC*, 2013. [Online]. Disponível em: <http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1005800>. [Acedido: 16-Junho-2018].
- [28] Q-Lab corporation, "QUV & Q-SUN - A comparison of two effective approaches to accelerated weathering & light stability testing," *Tech. Bull. LU-8009, Q-Lab*, 2017.
- [29] M. P. Rodrigues, "Weathering resistance of the colour in water based coatings for architectural use," *5th European Weathering Symposium EWS, Lisboa, Setembro 21-23, 2011*. [Online]. Disponível em: <http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1002694>. [Acedido: 05-Agosto-2018].
- [30] N. Milanovic and B. O. Casey, "An efficient approach to dispersing pigments," *Evonik*, 2017. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2017-04-01/view_features/an-efficient-approach-to-dispersing-pigments. [Acedido: 15-Maio-2018].
- [31] J. Clayton, "Pigment/dispersant interactions in water-based coatings," *Pigment Resin Technol.*, vol. 27, no. 4, pp. 231–239, 1998.
- [32] F. O. H. Pirrung, P. H. Quednau, and C. Auschra, "Wetting and dispersing agents," *Chimia (Aarau)*, vol. 56, no. 5, pp. 170–176, 2002.

- [33] BYK, "Wetting and Dispersing Additives," BYK. [Online]. Disponível em: <https://ebooks.byk.com/en/wetting-and-dispersing/why-do-we-use-wetting-and-dispersing-additives/>. [Acedido: 15-Junho-2018].
- [34] J. Baptista, "Four Steps to Effective Pigment Dispersions," *Coatings World*, 2017. [Online]. Disponível em: https://www.coatingsworld.com/issues/2017-08-01/view_features/four-steps-to-effective-pigment-dispersions/. [Acedido: 21-Junho-2018].
- [35] J. Schmitz, H. Frommelius, U. Pegelow, H. G. Schulte, and R. Höfer, "New concept for dispersing agents in aqueous coatings," *Prog. Org. Coatings*, vol. 35, no. 1–4, pp. 191–196, 1999.
- [36] M. P. Rodrigues and M. I. Eusébio, "Tintas aquosas para paredes exteriores de edifícios - Avaliação da resistência à alteração de cor," *LNEC*, 2009. [Online]. Disponível em: <http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/16417>. [Acedido: 20-Maio-2018].
- [37] K. Wojciechowski, G. Z. Zukowska, I. Korczagin, and P. Malanowski, "Effect of TiO₂ on UV stability of polymeric binder films used in waterborne facade paints," *Prog. Org. Coatings*, vol. 85, pp. 123–130, 2015.
- [38] G. R. Fedor and P. J. Brennan, "Comparison Between Natural Weathering and Fluorescent UV Exposures," *Tech. Bull. LU-8035, Q-Lab*, 2011.

Anexo A – Tintas e corantes

Neste anexo são resumidas nas tabelas A.1 e A.2, as principais características diferenciadoras, das tintas de diferentes gamas e setores de mercado e dos corantes que foram utilizados, respetivamente.

Por questões de confidencialidade, este anexo foi retirado

Anexo B – Influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem

Este anexo contém em detalhe, nas tabelas B.1 a B.6, os resultados experimentais obtidos nos ensaios laboratoriais realizados, para caraterizar a influência dos corantes nas propriedades das bases de tintagem.

Tabela B.1 – Resultados Viscosidade Stormer (KU /25°C)

		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12	A13	Base
Base Branca (KU/25°C)	Tinta A	125	125,4	124,5	134	129,4	128,8	124	125,3	123	124	125,2	124,8	126,8	132
	Tinta B	116,7	116,5	117,5	122,5	118,3	119,5	112,1	120,3	115,2	116,9	118,7	116,2	111,1	114,3
	Tinta C	90,7	90,1	89,5	95,1	93,4	93	88	93,3	90,5	92,7	89,4	92,2	89,6	97
	Tinta D	119,8	124,9	119,5	128,7	124,2	124,4	117	109,3	105,8	105,8	105,4	119,7	109	112,2
	Tinta E	86,7	85,7	85,3	86,1	86,9	85,6	89,8	64	62,5	62,6	64,5	85,6	63,6	63,3
	Tinta F	80,4	75,5	73,7	77,6	75,6	76,9	77,9	76,7	74,5	74,3	77,5	75,5	75,9	75,9
	Tinta G	104,6	102,5	101,9	105,3	105,5	105	106,2	105,8	103,1	102,7	103,4	101,4	102,9	106,2
	Tinta H	105,2	105,7	103,2	110,2	106,2	107,7	105,8	106,3	110,9	112,1	115	103,4	111,1	114,9
Base Transparente (KU/25°C)	Tinta A	96	103,5	102,2	107,6	104,7	103,4	89,99	105,1	98,1	102,9	98,2	103,4	105,8	116,8
	Tinta B	106,6	111,5	109,8	117,9	118,2	115,8	104,8	116,8	112,2	109,7	109,2	111,8	116,1	120,7
	Tinta C	91,9	93,8	92,1	104,3	98,6	93,8	92,3	93,8	88,9	90,8	89,9	92	89,1	95,7
	Tinta D	94,5	95,8	99,7	108,5	105,4	99,1	87,1	103,3	96,6	96,4	93,6	99,4	104,2	113,4
	Tinta E	85,1	84,9	79,5	82,5	84,1	82	89,3	82,7	81,7	77,4	88,4	86	85,3	81,8
	Tinta F	95,8	96,8	96,8	98,3	95,4	97,8	95,8	98,5	92,6	93,3	98,1	100,5	97,6	99
	Tinta G	106,9	111,9	104,8	114,7	117,8	117,1	115,3	117,8	111,8	111	113,7	113,1	117,8	116,3
	Tinta H	135,4	133,2	133	140	134,8	136,5	134,1	134,6	129,3	133,1	132,2	134,5	134,8	137,4

Tabela B.2 – Resultados Brilho (ub), Tinta A – D <85°C, Tinta E – H <60°C

		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12	A13	Base
Base Branca (ub)	Tinta A	1,7	1,6	1,5	1,5	1,7	1,8	1,8	2,1	1,7	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9
	Tinta B	3,3	3,2	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,7	3,2	3,2	3,7	3,1	3,2	3,5
	Tinta C	12,9	12,0	12,0	7,2	12,4	14,3	13,9	12,7	13,4	12,9	12,6	12,4	12,9	13,9
	Tinta D	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,9	1,6	1,7	1,6	1,5	1,8	1,8
	Tinta E	72,1	73,7	73,9	75,2	74,0	73,4	75,6	64,3	64,7	63,4	63,7	72,4	63,8	61,7
	Tinta F	23,3	22,1	20,1	21,9	21,3	22,4	23,0	23,1	24,2	24,1	21,3	21,5	24,7	22,0
	Tinta G	3,5	3,5	2,5	3,1	3,1	3,5	3,2	3,5	3,7	3,9	3,5	3,3	3,7	3,7
	Tinta H	5,4	4,8	3,8	3,9	4,3	4,8	4,1	4,6	10,8	9,1	9,1	4,8	9,8	7,7
Base Transparente (ub)	Tinta A	1,5	1,4	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	2,0	1,6	1,4	1,2	1,6	1,9
	Tinta B	1,5	1,3	1,2	1,5	1,5	1,6	1,8	1,5	1,9	1,6	1,4	1,3	1,6	1,8
	Tinta C	7,0	6,4	6,1	6,8	6,6	8,5	8,4	7,2	8,3	6,5	6,2	6,1	6,7	6,2
	Tinta D	1,4	1,6	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5	1,3	1,6	1,6	1,4	1,3	1,5	1,6
	Tinta E	74,8	79,3	82,8	83,7	83,7	85,3	82,7	77,8	66,7	73,4	81,7	76,6	80,5	125,8
	Tinta F	25,3	27,0	26,9	27,2	27,3	27,0	26,9	28,9	25,1	27,1	24,5	23,5	16,2	28,2
	Tinta G	4,4	4,8	4,4	5,1	4,5	5,6	5,4	5,8	5,6	4,8	4,4	4,2	3,7	4,2
	Tinta H	6,4	5,6	5,7	5,7	5,3	6,9	6,5	6,2	6,3	6,2	5,7	5,5	6,6	6,0

Tabela B.3 – Resultados Opacidade (%)

		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12	A13	Base
Base Branca (%)	Tinta A	94,6	99,35	100	99,36	98,86	97,63	99,96	96,47	94,84	90,74	95,6	99,79	96,51	90,41
	Tinta B	95,08	99,22	100	99,51	98,62	98,13	99,84	97,03	95,84	92,33	96,79	99,49	96,67	91,38
	Tinta C	93,55	98,7	100	99,14	98,53	97,32	99,8	96,2	94,42	90,68	95,18	99,34	95,5	90,02
	Tinta D	95,51	99,6	100	99,55	99,15	98,71	100	97,52	96,37	93,43	97,04	99,76	97,86	93,47
	Tinta E	94,75	98,37	100	99,03	99,04	97,77	99,79	95,97	94,28	89,56	94,93	99,2	94,61	88,34
	Tinta F	92,62	98,34	100	98,71	96,3	96,96	99,8	95,83	94,3	89,93	94,85	98,93	95	87,26
	Tinta G	93,23	98,67	99,98	99,15	98,3	97,15	99,81	96,95	94,73	91,1	95,66	98,97	95,66	89,83
	Tinta H	92,2	98,38	100	99	97,44	96,7	99,63	95,28	93,98	90	94,67	98,61	95,04	89,53
Base Intermédia	Tinta D	95,88	99,94	100	99,56	99,59	97,31	100	95,69	93,5	90,9	95,67	100	97,8	89,99
Base Transparente (%)	Tinta A	73,92	97,64	99,98	71,31	51,59	58,61	86,66	75,61	60,58	65,12	53,66	95,69	44,92	33,57
	Tinta B	77,16	98,53	99,98	68,97	59,74	66,53	90,29	78,34	64,8	68,97	59,34	96,3	54,89	38,89
	Tinta C	79,87	98,29	100	84,38	77,04	73,48	98,33	80,19	68,79	71,11	68,23	96,76	68,11	52,44
	Tinta E	65,53	93,17	99,02	35,35	26,71	40,59	62,28	67,97	48,87	57,74	37,92	68,8	23,36	16,12
	Tinta F	65,13	93,72	99,32	43,05	34,31	47,6	73,44	70,67	54,45	62,03	46,05	79,3	32,84	22,98
	Tinta G	68,47	93,27	99,89	50,94	41,76	53,6	80,48	73,65	57,73	64,35	48,72	86,94	35,69	26,15
	Tinta H	74,82	97,94	99,97	58,47	45,44	56,76	86,79	73,78	60,87	66,83	48,16	93,4	41,71	26,95

Tabela B.4 – Resultados dos tempos de secagem de tintas plásticas – Secagem BYK

			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12	A13	Base
Base Branca (min)	Tinta A	TA	18	11	11	14	14	12	23	13	12	30	12	10	14	14
		TS	34	35	26	40	39	34	38	32	33	60	32	36	25	43
	Tinta B	TA	25	26	19	39	32	22	29	21	24	50	20	17	21	32
		TS	44	42	35	52	43	42	48	38	39	60	36	45	31	45
	Tinta C	TA	27	20	14	27	21	22	25	15	20	41	17	20	18	27
		TS	45	41	26	49	38	41	42	26	34	58	31	48	29	35
	Tinta D	TA	29	29	12	28	23	19	25	23	19	36	19	16	21	38
		TS	45	44	26	42	35	35	40	35	31	53	28	42	31	48
Base Transparente (min)	Tinta A	TA	14	17	11	14	18	16	20	16	17	30	13	10	14	12
		TS	31	35	32	34	39	30	40	35	38	60	27	41	25	25
	Tinta B	TA	20	26	13	25	32	20	32	22	23	53	18	17	19	17
		TS	47	48	33	46	44	35	60	46	46	60	37	54	30	30
	Tinta C	TA	22	23	12	24	19	19	36	17	20	39	17	21	18	18
		TS	42	42	25	43	38	31	60	35	38	60	30	46	29	33
	Tinta D	TA	26	26	15	26	19	22	38	22	17	42	18	25	20	23
		TS	44	43	28	44	35	33	54	41	32	60	31	45	30	40

Tabela B.5 – Resultados dos tempos de secagem de esmaltes – Secagem a dedo

			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12	A13	Base
Base Branca (min)	Tinta E	ST	28	27	39	25	25	26	28	29	24	45	32	18	26	31
		SD	33	32	44	30	30	31	33	34	29	50	37	23	31	36
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h
	Tinta F	ST	19	16	35	26	26	23	24	30	21	13	16	14	18	32
		SD	24	21	40	31	31	28	29	35	26	18	21	22	23	37
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h
	Tinta G	ST	20	23	35	23	13	22	26	21	14	14	15	11	13	34
		SD	25	28	40	28	18	27	31	26	19	19	20	16	18	39
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h
	Tinta H	ST	41	32	45	29	20	26	30	27	26	37	31	20	28	40
		SD	46	37	50	34	25	31	35	32	31	42	36	25	33	45
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h
Base Transparente (min)	Tinta E	ST	25	15	10	24	28	29	22	19	24	19	16	14	17	23
		SD	30	20	14	29	33	34	27	24	29	24	21	19	22	28
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h
	Tinta F	ST	26	13	14	25	15	19	17	23	20	17	19	16	15	35
		SD	31	18	19	30	20	24	22	28	25	22	24	21	20	40
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h
	Tinta G	ST	19	20	15	25	16	25	21	24	18	16	17	19	18	36
		SD	24	25	19	30	21	30	26	29	23	21	22	24	23	41
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h
	Tinta H	ST	50	29	25	34	23	30	32	29	25	25	26	25	30	42
		SD	55	34	35	39	28	35	37	34	30	30	31	30	35	47
		HD	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h	> 8h

Tabela B.6 – Resultados de Absorção de água para tintas plásticas

		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	A10	A11	A12	A13
Base Branca (%)	Tinta A	17,5	21,4	20,0	20,5	19,9	24,8	21,6	16,9	20,9	18,4	22,0	21,4	20,7
	Tinta B	21,0	23,5	20,2	22,9	22,1	22,1	21,1	19,2	21,8	18,7	22,8	18,5	20,5
	Tinta C	20,6	22,8	21,5	20,7	21,6	23,9	20,1	21,6	23,2	24,3	19,7	21,8	22,3
	Tinta D	25,4	24,1	25,6	25,3	24,4	26,2	23,7	24,7	24,6	23,9	22,8	25,8	24,3
Base Transparente (%)	Tinta A	38,0	40,6	32,2	43,3	34,5	36,7	39,3	32,9	45,3	37,9	41,9	38,6	40,9
	Tinta B	23,9	21,4	20,7	20,1	19,8	19,8	22,4	17,0	22,6	22,5	21,3	21,2	21,9
	Tinta C	20,5	20,5	16,6	21,3	21,2	20,5	20,5	19,5	17,6	19,3	19,2	20,5	19,2
	Tinta D	24,5	23,7	25,2	25,3	24,5	24,1	23,0	24,2	25,6	25,7	25,2	24,8	25,3

Anexo C – Durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior

Neste Anexo encontram-se em detalhe nas tabelas C.1 a C.14, os resultados obtidos nos ensaios realizados para caraterizar a durabilidade da cor quando aplicada em produtos de exterior.

Tabela C.1 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes em **Solar Box**

Cor	Produto	ΔL^*		Δa^*		Δb^*		ΔE^*	
		100h	200h	100h	200h	100h	200h	100h	200h
RAL 1014	Tinta A	-0,7	-1,16	0,09	0,16	0,15	0,63	0,72	1,33
	Tinta B	-0,47	-0,67	0,08	0,06	-0,12	-0,06	0,5	0,67
	Tinta C	-0,41	-0,47	0,06	0,05	0,01	-0,01	0,41	0,47
	Tinta D	0,29	0,29	-0,04	-0,08	-0,57	-0,62	0,64	0,69
	Tinta I	-0,51	-0,58	0,07	0,04	-0,12	-0,13	0,53	0,59
	Tinta J	-0,53	-0,68	0,06	0,08	-0,08	-0,15	0,54	0,7
	Tinta K	-0,61	-0,77	-0,1	-0,06	-0,25	-0,2	0,67	0,8
RAL 2002	Tinta A	-0,1	-0,17	0,08	0,62	-0,3	0,13	0,32	0,65
	Tinta B	-0,69	-0,69	-0,27	-0,46	-0,19	-0,45	0,76	0,94
	Tinta C	0	-0,13	-0,01	-0,32	-0,34	-0,81	0,34	0,88
	Tinta I	0,46	0,36	1,09	0,84	0,45	-0,1	1,27	0,92
RAL 2009	Tinta A	-0,42	-0,51	-0,43	-0,45	-0,46	-0,25	0,76	0,72
	Tinta B	-0,6	-0,6	-0,89	-1,48	-1,13	-2,06	1,56	2,61
	Tinta C	-0,12	-0,19	-0,66	-0,95	-1,12	-1,5	1,3	1,79
	Tinta J	-0,45	-0,41	0	-0,58	-0,45	-1,74	0,63	1,88
	Tinta K	-0,32	-0,73	0,44	1,03	0,01	0,23	0,55	1,29
RAL 3015	Tinta A	-0,3	-0,44	-0,62	-0,76	0,17	0,17	0,71	0,9
	Tinta B	-0,37	-0,28	-0,73	-0,98	-0,05	-0,1	0,82	1,02
	Tinta C	-0,1	0	-0,61	-0,95	0,01	-0,07	0,62	0,95
	Tinta D	0,9	0,93	-0,75	-0,89	0,33	0,6	1,22	1,42
	Tinta I	-0,33	-0,35	-0,11	-0,13	0,15	0,32	0,38	0,5
	Tinta J	-0,2	-0,28	-0,3	-0,24	0,4	0,6	0,54	0,7
	Tinta K	-0,41	-0,59	-0,2	-0,05	0,53	0,9	0,7	1,08
RAL 5017	Tinta A	-0,5	-0,44	-0,61	-0,9	0,64	1,09	1,01	1,48
	Tinta B	-0,41	-0,26	-0,41	-0,24	0,96	1,43	1,12	1,47
	Tinta C	-0,18	-0,19	-0,67	-0,71	1,19	1,46	1,37	1,64
	Tinta I	-0,05	-0,02	-0,32	-0,52	0,52	1,01	0,62	1,14
	Tinta J	-0,02	-0,01	-0,12	-0,3	1,13	1,45	1,13	1,48
	Tinta K	-0,49	-1,05	-0,74	-1,39	-0,1	-0,09	0,89	1,75
RAL 6021	Tinta A	-0,19	-0,28	0,58	0,86	-0,74	-0,71	0,96	1,15
	Tinta B	-0,3	-0,22	0,61	0,89	-0,9	-1,03	1,13	1,38
	Tinta C	0,09	0,07	0,8	1,21	-0,79	-0,92	1,13	1,52
	Tinta D	1,61	2,09	1,29	2,06	-1,16	-1,14	2,36	3,14
	Tinta I	-0,3	-0,23	0,24	0,47	-0,02	0,13	0,38	0,54
	Tinta J	-0,39	-0,38	0,22	0,43	-1,04	-1,76	1,13	1,85
	Tinta K	-0,4	-0,89	0,39	0,72	-0,75	-1,32	0,93	1,75

Tabela C.2 - Diferença de cor média registada nos produtos da cor RAL 1014, em QUV


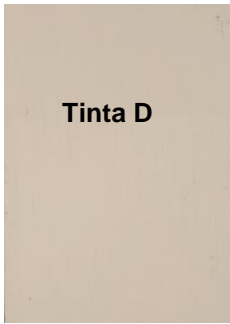
RAL 1014							
ΔE^* médio	200h	400h	600h	800h	1000h	< ΔE	> ΔE
Tinta A	0,46	0,66	0,78	0,78	0,94		
Tinta B	0,92	1,29	1,33	1,35	1,09		
Tinta C	0,93	1,30	1,41	1,43	1,44		
Tinta D	0,60	0,98	1,22	1,42	1,82		
Tinta I	0,55	0,77	0,75	0,57	0,33		
Tinta J	0,82	1,18	1,33	1,40	1,65		
Tinta K	0,55	0,73	0,72	0,65	0,72		

Tabela C.3 - Diferença de cor média registada nos produtos da cor RAL 2002, em QUV



RAL 2002							
ΔE^* médio	200h	400h	600h	800h	1000h	< ΔE	> ΔE
Tinta A	0,70	3,73	5,79	6,18	7,15		
Tinta B	1,18	1,92	1,68	1,87	3,74		
Tinta C	2,38	2,94	3,26	3,22	3,23		
Tinta I	0,51	0,37	0,26	0,42	0,36		

Tabela C.4 - Diferença de cor média registada nos produtos da cor RAL 2009, em QUV



RAL 2009							
ΔE^* médio	200h	400h	600h	800h	1000h	< ΔE	> ΔE
Tinta A	1,26	6,91	7,13	7,34	7,68		
Tinta B	1,64	2,48	2,79	3,19	2,87		
Tinta C	2,60	3,04	3,38	3,44	3,42		
Tinta J	0,77	0,68	0,65	0,74	0,98		
Tinta K	0,58	0,82	0,96	1,17	0,94		

Tabela C.5 - Diferença de cor média registada nos produtos da cor RAL 3015, em QUV



RAL 3015							
ΔE^* médio	200h	400h	600h	800h	1000h	< ΔE	> ΔE
Tinta A	0,32	0,90	1,62	1,61	2,25		
Tinta B	0,50	0,52	0,52	0,57	0,56		
Tinta C	1,04	1,35	1,50	1,50	1,75		
Tinta D	0,49	0,85	1,02	1,39	2,03		
Tinta I	0,44	0,58	0,71	0,54	0,31		
Tinta J	0,66	1,19	1,37	1,37	1,41		
Tinta K	0,44	0,78	1,03	1,10	1,23		

Tabela C.6 - Diferença de cor média registada nos produtos da cor RAL 5017, em QUV

RAL 5017							
ΔE^* médio	200h	400h	600h	800h	1000h	< ΔE	> ΔE
Tinta A	0,67	1,89	2,85	3,59	3,90		
Tinta B	1,11	1,23	1,52	1,82	1,92		
Tinta C	1,68	2,92	3,50	3,72	3,99		
Tinta I	0,76	1,11	1,30	1,48	1,22		
Tinta J	0,93	1,31	1,90	1,83	2,10		
Tinta K	0,60	1,10	3,00	3,16	4,55		

Tabela C.7 - Diferença de cor média registada nos produtos da cor RAL 6021, em QUV

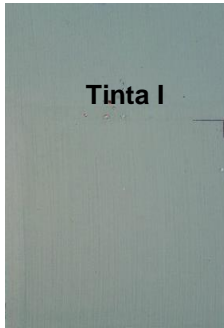

RAL 6021							
ΔE^* médio	200h	400h	600h	800h	1000h	< ΔE	> ΔE
Tinta A	1,18	1,85	2,38	2,91	3,87		
Tinta B	1,23	1,54	1,76	1,89	2,03		
Tinta C	1,54	2,03	2,32	2,45	2,49		
Tinta D	1,77	2,51	3,00	3,80	4,80		
Tinta I	0,58	0,72	0,77	0,71	0,69		
Tinta J	1,26	2,09	2,72	3,79	4,81		
Tinta K	0,91	1,42	2,07	3,66	4,98		

Tabela C.8 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes, para produtos da cor RAL 1014, em QUV

RAL 1014											
Produtos		200h		400h		600h		800h		1000h	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tinta A	ΔE^*	0,43	0,48	0,73	0,58	0,8	0,75	0,83	0,73	1,02	0,85
	ΔL^*	-0,32	-0,33	-0,47	-0,26	-0,25	-0,19	-0,63	-0,39	0,02	0,02
	Δa^*	0,26	0,28	0,46	0,22	0,26	0,22	0,52	0,38	-0,13	-0,12
	Δb^*	-0,12	-0,22	-0,32	-0,46	-0,71	-0,69	-0,18	-0,48	-1,01	-0,84
Tinta B	ΔE^*	0,93	0,9	1,33	1,24	1,32	1,34	1,34	1,36	1,08	1,1
	ΔL^*	-0,89	-0,88	-1,18	-1,13	-1,22	-1,24	-1,25	-1,29	-1,02	-1,07
	Δa^*	0,23	0,13	0,59	0,5	0,49	0,5	0,46	0,43	0,19	0,18
	Δb^*	-0,12	-0,11	-0,07	0	-0,04	-0,04	-0,07	0,06	-0,28	-0,17
Tinta C	ΔE^*	0,95	0,91	1,34	1,25	1,42	1,4	1,39	1,47	1,43	1,44
	ΔL^*	-0,85	-0,84	-1,14	-1,1	-1,23	-1,22	-1,23	-1,29	-1,19	-1,21
	Δa^*	0,37	0,34	0,57	0,47	0,56	0,52	0,39	0,39	0,24	0,2
	Δb^*	0,19	0,14	0,4	0,35	0,43	0,44	0,5	0,59	0,74	0,75
Tinta D	ΔE^*	0,62	0,58	0,98	0,97	1,19	1,25	1,26	1,58	1,72	1,92
	ΔL^*	0,22	0,16	0,25	0,2	0,3	0,27	0,23	0,31	0,56	0,58
	Δa^*	0,12	0,13	0,28	0,27	0,18	0,15	0,33	0,2	-0,25	-0,25
	Δb^*	-0,57	-0,54	-0,91	-0,91	-1,14	-1,22	-1,19	-1,54	-1,6	-1,82
Tinta I	ΔE^*	0,5	0,59	0,78	0,76	0,77	0,73	0,62	0,52	0,38	0,28
	ΔL^*	-0,21	-0,26	-0,25	-0,29	-0,24	-0,24	-0,32	-0,32	-0,29	-0,24
	Δa^*	0,11	0,23	0,4	0,37	0,31	0,32	0,24	0,24	-0,03	-0,02
	Δb^*	-0,44	-0,48	-0,62	-0,61	-0,66	-0,61	-0,47	-0,33	-0,25	-0,15
Tinta J	ΔE^*	0,79	0,85	1,13	1,23	1,31	1,35	1,34	1,46	1,61	1,69
	ΔL^*	-0,18	-0,19	-0,1	0,02	0	0,01	-0,09	-0,03	0,24	0,26
	Δa^*	0,17	0,15	0,19	0,13	0,15	0,18	0,22	0,25	-0,14	-0,12
	Δb^*	-0,75	-0,81	-1,11	-1,22	-1,31	-1,34	-1,32	-1,43	-1,58	-1,66
Tinta K	ΔE^*	0,47	0,62	0,68	0,78	0,7	0,73	0,67	0,62	0,75	0,69
	ΔL^*	-0,29	-0,35	-0,26	-0,21	-0,22	-0,27	-0,2	-0,23	0,03	-0,02
	Δa^*	0,15	0,22	0,27	0,24	-0,17	0,23	0,07	-0,01	-0,14	-0,07
	Δb^*	-0,35	-0,45	-0,57	-0,71	-0,65	-0,64	-0,63	-0,57	-0,74	-0,68

Tabela C.9 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes, para produtos da cor RAL 2002, em QUV

RAL 2002											
Produtos		200h		400h		600h		800h		1000h	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tinta A	ΔE^*	0,75	0,65	4,04	3,41	6,23	5,34	6,67	5,68	7,64	6,66
	ΔL^*	0,49	0,46	1,61	1,17	2,05	1,74	2,11	1,72	2,62	2,24
	Δa^*	-0,15	-0,13	-1,58	-1,44	-2,59	-2,19	-2,77	-2,29	-3,06	-2,59
	Δb^*	-0,54	-0,45	-3,35	-2,86	-5,29	-4,55	-5,69	-4,91	-6,49	-5,71
Tinta B	ΔE^*	1,67	0,69	2,76	1,07	1,78	1,57	2,24	1,49	4,32	3,15
	ΔL^*	0,66	0,15	0,75	0,38	0,82	0,58	1,18	0,64	1,99	1,36
	Δa^*	-0,61	-0,25	-1,37	-0,56	-0,59	-0,78	-0,83	-0,72	-1,89	-1,56
	Δb^*	-1,4	-0,62	-2,27	-0,84	-1,46	-1,24	-1,71	-1,14	-3,33	-2,37
Tinta C	ΔE^*	2,46	2,3	2,92	2,95	3,31	3,21	3,29	3,15	3,25	3,2
	ΔL^*	-2,12	-1,99	-2,77	-2,77	-3,13	-3,1	-3,08	-3,05	-3,08	-3,1
	Δa^*	-1,04	-0,93	-0,85	-0,9	-0,99	-0,78	-1,1	-0,78	-1,04	-0,77
	Δb^*	-0,69	-0,67	-0,36	-0,5	-0,36	-0,21	-0,35	-0,11	-0,03	0,23
Tinta I	ΔE^*	0,62	0,4	0,34	0,39	0,27	0,24	0,52	0,31	0,2	0,52
	ΔL^*	0,33	0,33	0,21	0,12	-0,08	0	-0,28	-0,07	0,09	0,35
	Δa^*	-0,22	-0,07	0,15	-0,02	0,22	0,14	0,44	0,07	0,04	-0,13
	Δb^*	-0,48	-0,21	-0,22	-0,37	-0,15	-0,19	-0,03	-0,29	-0,17	-0,37

Tabela C.10 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes, para produtos da cor RAL 2009, em **QUV**

RAL 2009											
Produtos		200h		400h		600h		800h		1000h	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tinta A	ΔE^*	1,19	1,33	7,09	6,72	7,02	7,23	7,35	7,33	7,5	7,85
	ΔL^*	0,01	0,14	1,76	1,73	1,6	1,91	1,71	1,95	1,87	2,16
	Δa^*	-1,05	-1,1	-4,69	-4,31	-4,42	-4,8	-4,74	-4,87	-5,01	-5,28
	Δb^*	-0,56	-0,74	-5,02	-4,86	-5,22	-5,06	-5,35	-5,13	-5,26	-5,4
Tinta B	ΔE^*	1,66	1,62	2,48	2,47	2,69	2,89	3,28	3,1	2,41	3,33
	ΔL^*	-0,11	-0,05	0,24	0,38	0,24	0,29	0,5	0,44	0,28	0,42
	Δa^*	-0,65	-0,76	-1,43	-1,6	-1,47	-1,69	-1,85	-1,81	-1,36	-1,78
	Δb^*	-1,52	-1,43	-2,01	-1,85	-2,25	-2,33	-2,66	-2,47	-1,97	-2,79
Tinta C	ΔE^*	2,54	2,65	3,03	3,04	3,34	3,41	3,46	3,41	3,36	3,47
	ΔL^*	-2,04	-2,07	-2,62	-2,58	-2,89	-2,67	-2,94	-2,8	-3,02	-2,95
	Δa^*	-0,17	-0,23	0,27	0,11	0,41	-0,13	0,45	0,02	0,68	0,16
	Δb^*	-1,5	-1,64	-1,5	-1,59	-1,62	-2,12	-1,76	-1,95	-1,31	-1,81
Tinta J	ΔE^*	0,77	0,77	0,73	0,62	0,63	0,66	0,83	0,64	0,89	1,07
	ΔL^*	-0,27	-0,02	0	0,07	-0,13	-0,13	-0,2	-0,38	-0,5	-0,62
	Δa^*	0,03	-0,09	-0,27	-0,16	-0,04	0,02	0,03	0,33	0,72	0,87
	Δb^*	-0,72	-0,77	-0,67	-0,59	-0,62	-0,64	-0,8	-0,4	-0,14	0,12
Tinta K	ΔE^*	0,55	0,6	0,86	0,77	0,82	1,09	1,21	1,13	0,92	0,95
	ΔL^*	-0,22	-0,17	-0,21	-0,12	-0,21	-0,14	-0,42	-0,13	-0,49	-0,04
	Δa^*	-0,36	-0,4	-0,62	-0,59	-0,66	-0,64	-0,47	-0,58	-0,4	-0,52
	Δb^*	-0,36	-0,41	-0,56	-0,49	-0,44	-0,87	-1,03	-0,96	-0,66	-0,79

Tabela C.11 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes, para produtos da cor RAL 3015, em **QUV**

RAL 3015											
Produtos		200h		400h		600h		800h		1000h	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tinta A	ΔE^*	0,4	0,24	0,96	0,84	1,69	1,54	1,64	1,57	2,37	2,12
	ΔL^*	0,05	-0,07	0,3	0,32	0,79	0,72	0,72	0,7	1,3	1,11
	Δa^*	-0,39	-0,2	-0,9	-0,77	-1,5	-1,36	-1,46	-1,4	-1,98	-1,8
	Δb^*	0,07	0,1	0,14	0,09	0,13	0,09	0,21	0,13	0,07	0,08
Tinta B	ΔE^*	0,49	0,5	0,5	0,53	0,51	0,53	0,57	0,56	0,56	0,56
	ΔL^*	-0,34	-0,39	-0,33	-0,32	-0,36	-0,38	-0,33	-0,36	-0,48	-0,54
	Δa^*	-0,33	-0,29	-0,36	-0,42	-0,34	-0,37	-0,46	0,44	-0,24	-0,16
	Δb^*	-0,1	-0,1	-0,1	-0,05	-0,14	-0,09	-0,09	-0,01	-0,15	-0,05
Tinta C	ΔE^*	1	1,07	1,34	1,35	1,53	1,47	1,5	1,49	1,75	1,74
	ΔL^*	-0,96	-1,02	-1,26	-1,29	-1,43	-1,39	-1,42	-1,43	-1,6	-1,6
	Δa^*	0,29	0,33	0,47	0,4	0,53	0,45	0,45	0,42	0,71	0,68
	Δb^*	-0,06	0	0,07	0,08	0,09	0,1	0,1	0,09	0,03	0,03
Tinta D	ΔE^*	0,43	0,54	0,79	0,9	0,88	1,15	1,32	1,46	1,64	2,42
	ΔL^*	0,25	0,3	0,48	0,51	0,47	0,6	0,75	0,75	0,92	1,37
	Δa^*	-0,35	-0,44	-0,62	-0,74	-0,74	-0,98	-1,09	-1,25	-1,33	-1,95
	Δb^*	-0,01	0,06	0,04	0,03	-0,04	-0,03	0,06	-0,01	-0,29	-0,41
Tinta I	ΔE^*	0,42	0,46	0,53	0,63	0,65	0,76	0,5	0,57	0,29	0,32
	ΔL^*	-0,04	-0,03	0,02	0,06	0,09	0,11	-0,04	0	-0,16	-0,17
	Δa^*	-0,39	-0,43	-0,5	-0,59	-0,63	-0,73	-0,49	-0,56	-0,21	-0,24
	Δb^*	-0,16	-0,16	-0,18	-0,2	-0,15	-0,19	-0,07	-0,12	0,13	0,12
Tinta J	ΔE^*	0,7	0,61	1,21	1,16	1,34	1,4	1,36	1,38	1,39	1,43
	ΔL^*	0,18	0,06	0,47	0,44	0,56	0,58	0,55	0,56	0,68	0,7
	Δa^*	-0,67	-0,61	-1,11	-1,07	-1,21	-1,27	-1,27	-1,24	-1,2	-1,24
	Δb^*	-0,12	-0,06	-0,08	-0,03	-0,1	-0,03	-0,05	0,01	-0,13	-0,08
Tinta K	ΔE^*	0,44	0,44	0,74	0,82	1,06	0,99	1,1	1,1	1,27	1,19
	ΔL^*	-0,25	-0,26	-0,06	-0,01	0,09	0,01	0	0,06	0,28	0,26
	Δa^*	-0,36	-0,35	-0,71	-0,81	-1,02	-0,95	-1,03	-1,04	-1,16	-1,1
	Δb^*	-0,05	-0,04	0,21	0,11	0,28	0,25	0,41	0,37	0,42	0,39

Tabela C.12 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes, para produtos da cor RAL 5017, em **QUV**

RAL 5017											
Produtos		200h		400h		600h		800h		1000h	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tinta A	ΔE^*	0,68	0,65	1,82	1,95	2,82	2,87	3,49	3,68	3,91	3,89
	ΔL^*	0,01	-0,08	0,73	0,88	1,55	1,5	1,93	2,14	2,34	2,24
	Δa^*	-0,04	-0,04	-0,36	-0,41	-0,88	-0,97	-1,45	-1,5	-1,67	-1,8
	Δb^*	0,68	0,65	1,63	1,69	2,19	2,25	2,51	2,59	2,66	2,63
Tinta B	ΔE^*	0,97	1,25	1,18	1,27	1,56	1,47	1,85	1,78	1,83	2,01
	ΔL^*	0,45	0,7	0,41	0,56	0,62	0,61	0,65	0,72	1	1,19
	Δa^*	-0,28	-0,27	-0,49	-0,65	-0,99	-0,8	-0,94	-0,75	-0,4	-0,25
	Δb^*	0,81	0,99	0,98	0,94	1,03	1,07	1,45	1,44	1,48	1,6
Tinta C	ΔE^*	1,65	1,7	2,94	2,89	3,47	3,52	3,69	3,74	3,96	4,01
	ΔL^*	-1,05	-0,11	-2,48	-2,5	-2,95	-3,02	3-3,13	-3,18	-3,34	-3,36
	Δa^*	0,32	0,19	0,72	0,52	0,88	0,78	0,87	0,83	1,19	1,23
	Δb^*	1,24	1,69	1,4	1,37	1,6	1,64	1,76	1,78	1,76	1,82
Tinta I	ΔE^*	0,78	0,74	1,04	1,18	1,28	1,31	1,52	1,44	1,18	1,25
	ΔL^*	0,57	0,59	0,53	0,56	0,43	0,43	0,44	0,36	0,26	0,36
	Δa^*	0,19	0,12	-0,6	-0,8	-1,01	-1,05	-1,18	-1,12	-0,8	-0,8
	Δb^*	0,5	0,44	0,67	0,66	0,66	0,66	0,86	0,83	0,84	0,89
Tinta J	ΔE^*	0,89	0,97	1,37	1,24	1,92	1,88	1,88	1,78	2,04	2,16
	ΔL^*	0,57	0,55	0,66	0,63	1,01	0,86	0,98	0,75	1,13	1,19
	Δa^*	-0,07	-0,13	-0,66	-0,46	-1,09	-1,16	-0,93	-1,01	-0,97	-0,97
	Δb^*	0,68	0,78	1	0,97	1,21	1,2	1,31	1,26	1,39	1,52
Tinta K	ΔE^*	0,57	0,63	1,09	1,1	2,95	3,04	3,21	3,1	4,72	4,37
	ΔL^*	0,21	0,27	0,28	0,48	2,07	2,15	2,24	2,12	3,92	3,55
	Δa^*	0	0,02	-0,62	-0,4	-0,62	-0,54	-0,58	-0,61	-1,1	.0,89
	Δb^*	0,53	0,56	0,85	0,9	2,01	2,08	2,22	2,17	2,38	2,38

Tabela C.13 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes, para produtos da cor RAL 6021, em **QUV**

RAL 6021											
Produtos		200h		400h		600h		800h		1000h	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Tinta A	ΔE^*	1,1	1,26	1,87	1,83	2,29	2,46	2,84	2,97	3,71	4,02
	ΔL^*	0,06	0,21	0,58	0,5	0,81	0,9	1,07	1,12	1,68	1,75
	Δa^*	0,25	0,32	0,54	0,57	0,72	0,82	1,1	1,13	1,54	1,78
	Δb^*	-1,07	-1,2	-1,7	-1,67	-2,02	-2,14	-2,39	-2,5	-2,93	-3,16
Tinta B	ΔE^*	1,2	1,26	1,52	1,55	1,74	1,78	1,88	1,9	1,99	2,07
	ΔL^*	-0,39	-0,53	-0,33	-0,4	-0,32	-0,43	-0,36	-0,48	-0,32	-0,52
	Δa^*	0,3	0,28	0,38	0,37	0,4	0,44	0,41	0,41	0,38	0,4
	Δb^*	-1,1	-1,1	-1,44	-1,45	-1,66	-1,67	-1,8	-1,79	-1,92	-1,96
Tinta C	ΔE^*	1,52	1,55	2,06	1,99	2,35	2,28	2,52	2,37	2,49	2,48
	ΔL^*	-0,99	-1,18	-1,31	-1,54	-1,41	-1,61	-1,44	-1,63	-1,69	-1,66
	Δa^*	0,59	0,14	0,61	0,17	0,82	0,31	0,83	0,33	0,36	0,33
	Δb^*	-0,99	-0,99	-1,46	-1,25	-1,7	-1,58	-1,89	-1,7	-1,79	-1,81
Tinta D	ΔE^*	1,76	1,77	2,5	2,51	2,93	3,06	3,76	3,84	4,65	4,95
	ΔL^*	0,83	0,89	1,2	1,23	1,45	1,6	2,11	2,15	2,72	3,01
	Δa^*	0,61	0,6	0,78	0,81	0,95	1,05	1,3	1,34	1,64	1,7
	Δb^*	-1,42	-1,4	-2,06	-2,03	-2,37	-2,39	-2,83	-2,88	-3,4	-3,5
Tinta I	ΔE^*	0,56	0,6	0,7	0,73	0,76	0,78	0,71	0,7	0,67	0,7
	ΔL^*	0,14	0,1	0,29	0,26	0,3	0,22	0,31	0,18	0,3	0,2
	Δa^*	0,5	0,57	0,64	0,68	0,69	0,75	0,64	0,66	0,6	0,66
	Δb^*	-0,22	-0,15	-0,09	-0,1	-0,06	0,03	0,02	0,13	0,05	0,15
Tinta J	ΔE^*	1,23	1,28	2,12	2,06	2,67	2,76	3,67	3,91	4,62	4,99
	ΔL^*	0,19	0,17	0,79	0,79	0,87	0,82	0,88	0,78	0,94	0,99
	Δa^*	0,43	0,44	0,67	0,66	0,82	0,85	1,09	1,18	1,37	1,51
	Δb^*	-1,14	-1,19	-1,85	-1,78	-2,39	-2,49	-3,4	-3,65	-4,31	-4,65
Tinta K	ΔE^*	0,9	0,91	1,42	1,42	1,96	2,17	3,52	3,8	4,82	5,14
	ΔL^*	-0,06	-0,07	0,32	0,33	0,56	0,53	0,53	0,59	0,64	0,64
	Δa^*	0,43	0,41	0,65	0,62	0,81	0,89	1,28	1,36	1,66	1,76
	Δb^*	-0,79	-0,81	-1,23	-1,24	-1,7	-1,91	-3,24	-3,49	-4,49	-4,79

Tabela C.14 – Resultados da diferença de cor em todas as suas componentes em
Envelhecimento Natural

Cor	Produto	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
RAL 1014	Tinta A	-0,91	0,23	-0,1	0,94
	Tinta B	-1,53	0,35	0,38	1,62
	Tinta C	-1,54	0,38	0,32	1,62
	Tinta D	0,29	0,08	-1,01	1,06
	Tinta I	-1,46	0,31	-0,4	1,55
	Tinta J	-1,67	0,31	-0,46	1,76
	Tinta K	-0,85	0,29	-0,36	0,97
RAL 2002	Tinta A	0,27	-1,38	-1,77	2,27
	Tinta B	0,34	-1,03	-1,68	2
	Tinta C	-2,2	-2	-1,56	3,36
	Tinta I	0,02	-1,64	-2,24	2,77
RAL 2009	Tinta A	-0,68	-1,51	-1,9	2,52
	Tinta B	-0,46	-1,78	-2,56	3,15
	Tinta C	-2,6	-1,06	-3,3	4,34
	Tinta J	-0,53	-1,36	-2,78	3,14
	Tinta K	-1,06	0	-0,84	1,35
RAL 3015	Tinta A	-0,1	-0,97	0,45	1,07
	Tinta B	-0,7	0,61	0,4	1,01
	Tinta C	-1,6	-0,47	0,64	1,79
	Tinta D	0,86	-0,79	0,99	1,53
	Tinta I	-1,13	-0,84	0,72	1,58
	Tinta J	-1,13	-1,38	1,02	2,06
	Tinta K	-0,43	-1,44	1,12	1,87
RAL 5017	Tinta A	0,07	-0,24	2,75	2,77
	Tinta B	0,28	-0,28	2,94	2,97
	Tinta C	-1,67	0,95	3,48	3,98
	Tinta I	0,59	-0,12	2,52	2,59
	Tinta J	0,38	0,33	2,97	3,01
	Tinta K	0,43	-0,84	1,65	1,9
RAL 6021	Tinta A	0,06	1,2	-1,2	1,7
	Tinta B	-0,95	0,97	-1,11	1,75
	Tinta C	-1,62	1,09	-1,27	2,32
	Tinta D	1,74	2,31	-1,86	3,44
	Tinta I	-0,35	1,41	0,45	1,52
	Tinta J	-1,01	1,53	-2,02	2,73
	Tinta K	-0,06	1,62	-3,11	3,51